جمهوری اسلامی ایران

سازمان برنامه و بودجه کشور

راهنمای بارگذاری و آثار طراحی سازه‌ای در برابر سونامی

نشریه شماره ۸۵۹

ویرایش ۰۱-۷-۱۴۰۱

معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی

امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران

nezamfanni.ir

سازمان بنادر و دریانوردی

معاونت مهندسی و توسعه امور زیربنایی

www.pmo.ir

۱۴۰۱

omoorepeyman.ir

باسمه تعالی

ریاست جمهوری
سازمان برنامه و بودجه کشور
رئیس سازمان

بخشنامه به دستگاه های اجرایی،مهندسان مشاور و پیمانکاران	شماره : ۱۴۰۱/۴۸۴۲۷۲
	تاریخ : ۱۴۰۱/۰۹/۰۹

موضوع: **راهنمای بارگذاری و آثار طراحی سازه‌ای در برابر سونامی**

در چهارچوب ماده (۳۴) قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور، ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و به استناد تبصره (۲) ماده (۴) «نظام فنی و اجرایی یکپارچه کشور» موضوع مصوبه شماره ۲۵۲۵۴/ت۵۷۶۹۷هـ مورخ ۱۴۰۰/۰۳/۰۸ هیات محترم وزیران، به پیوست دستورالعمل شماره **۸۵۹**، با عنوان «**راهنمای بارگذاری و آثار طراحی سازه‌ای در برابر سونامی**» به صورت راهنما ابلاغ می‌شود تا از تاریخ ۱۴۰۲/۰۱/۰۱ برای همه قراردادهایی که از محل وجوه عمومی ویا به صورت مشارکت عمومی و خصوصی منعقد می‌شوند، به مورد اجرا گذاشته شود.

با این وجود، دبیرخانه «کارگروه ضوابط و معیارهای فنی و اجرایی سازه‌های ساحلی و دریایی» مستقر در سازمان بنادر و دریانوردی، دریافت کننده نظرات و پیشنهادهای اصلاحی در مورد مفاد این ضابطه بوده و اصلاحات لازم را امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران سازمان برنامه و بودجه کشور اعلام خواهد کرد.

سید مسعود میرکاظمی

omoorepishan.ir

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی سازمان برنامه و بودجه کشور، با همکاری معاونت مهندسی و توسعه امور زیربنایی سازمان بنادر و دریانوردی و با استفاده از نظر کارشناسان برجسته در قالب "کارگروه ضوابط و معیارهای فنی و اجرایی سازه‌های ساحلی و دریایی" و کمیته های تخصصی ذیربط، مبادرت به تهیه این ضابطه کرده و آن را برای استفاده به جامعه‌ی مهندسی کشور عرضه نموده است.

نظر به تخصصی بودن موضوع، مسئولیت مطالب تهیه شده، تفسیر و اصلاح آن با مجموعه مرتبط در سازمان بنادر و دریانوردی می‌باشد. دبیرخانه "کارگروه ضوابط و معیارهای فنی و اجرایی سازه‌های ساحلی و دریایی" دریافت کننده نظرات و پیشنهادهای اصلاحی در مورد این ضابطه بوده و اصلاحات لازم را امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران سازمان برنامه و بودجه کشور اعلام خواهد کرد.

با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط‌های مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست. از این‌رو، از شما خواننده‌ی گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هر گونه ایراد و اشکال فنی، مراتب را منعکس فرمایید. کارشناسان مربوط نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت. پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه:

تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی‌شاه – مرکز تلفن ۳۳۲۷۱ – سازمان برنامه و بودجه کشور، امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران

Email: nezamfanni @mporg.ir **web: nezamfanni.ir**

سازمان بنادر و دریانوردی

میدان ونک، بزرگراه شهید حقانی، خیابان شهیدی، پلاک ۱، کدپستی: ۱۵۱۸۶۶۳۱۱۱

Email: info@pmo.ir **web: www.pmo.ir**

omoorepeyman.ir

باسمه تعالی

پیشگفتار

وقوع سونامی‌های عظیم و هولناک در آغاز هزاره سوم منجر به تلفات جانی و خسارات مالی گردید. این پدیده طبیعی، سبب شد جوامع انسانی در میزان توجه به سونامی و آمادگی در برابر آن بازنگری نمایند. سونامی‌های اخیر اقیانوس هند در سال ۲۰۰۴ و ژاپن در سال ۲۰۱۱، در خلال تنها چند ساعت جان حدود ۲۵۰ هزار نفر را گرفت. از این‌رو، امروزه اتخاذ پیش بینی و راهکارهای لازم جهت کاهش آسیب‌های سونامی اهمیت زیادی دارد.

در مجاورت سواحل جنوبی کشور در دریای عمان ناحیه فرورانش مکران قرار دارد که براساس مطالعات لرزه‌خیزی و تاریخچه رویدادهای منطقه از پتانسیل لرزه‌خیزی نسبتاً بالایی با بزرگای قابل توجه در ایجاد سونامی برخوردار است. علاوه‌براین، با توجه به طرح‌های توسعه‌ای ناحیه مکران و افزایش جمعیت، این ناحیه از دید سونامی آسیب‌زا مورد توجه ملی و محلی قرار گرفته است. با جمع‌بندی موارد فوق، ضرورت ملاحظه اثرات پدیده سونامی در معیارهای طراحی و اجرای زیرساخت‌ها و تأسیسات ساحلی بر مبنای یک راهنمای مدون کاملاً محسوس می‌باشد.

با توجه به مطالب فوق، تهیه یک سند جامع در خصوص سونامی در دستور کار و برنامه‌های "کارگروه ضوابط و معیارهای فنی و اجرایی سازه‌های ساحلی و دریایی" قرار گرفت که در نتیجه آن راهنمای حاضر تدوین و ارائه شده است. با توجه به کمبود مراجع و مدارک مربوط به خطر سونامی در داخل کشور و آشنایی کمتر متخصصان حوزه طراحی ساختمان‌ها با این موضوع، در تدوین " راهنمای بارگذاری و آثار طراحی سازه‌ای در برابر سونامی " الگوبرداری از آئین‌نامه‌های بین‌المللی موجود (فصل ششم آیین‌نامه ASCE7-2016) مبنای عمل قرار گرفته است. البته در خاتمه راهنمای تدوین شده فقط در حد یادآوری مراجع موجود آورده شده است که متخصصین می‌توانند به آن‌ها جهت دستیابی به اطلاعات دقیق‌تر و بیشتر مراجعه کنند. ضمن اینکه به‌منظور کاهش بروز تناقض برای کاربران و طراحان، هماهنگی سند حاضر با سایر ضوابط و معیارهای فنی مرتبط موجود (از قبیل ضوابط مندرج در مباحث مقررات ملی ساختمان، آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله - استاندارد ۲۸۰۰، دستورالعمل طراحی سازه‌های ساحلی، راهنمای طراحی موج شکن‌های توده سنگی و مرکب در برابر سونامی و ...) مورد نظر بوده است.

علیرغم تلاش و دقت بسیار صرف گردیده در تهیه مجموعه حاضر، یقیناً مطالب ارائه شده عاری از وجود اشکال و ابهام نمی‌باشد؛ لذا امید است به واسطه کاربرد عملی راهنما و شناسایی نواقص احتمالی از طریق همکاری کاربران و کارشناسان محترم و دریافت نظرات و نقدهای سازنده ایشان، ضعف‌های احتمالی موجود در ویرایش‌های آتی برطرف گردد. دبیرخانه "کارگروه ضوابط و معیارهای فنی و اجرایی سازه‌های ساحلی و دریایی" در معاونت مهندسی و توسعه امور زیربنایی سازمان بنادر و دریانوردی آماده دریافت نظرات کاربران می باشد.

حمید امانی همدانی- معاون فنی، امور زیربنایی و تولیدی

پاییز ۱۴۰۱

omoorepeyman.ir

تهیه و کنترل « راهنمای فنی سونامی» [راهنمای شماره ۸۵۹]

اعضای گروه تهیه‌کننده:

محمد مختاری	دانشگاه هرمزگان	دکتری ژئوفیزیک
مهدی مسعودی	دانشگاه هرمزگان	دکتری زمین‌شناسی
محسن سلطانپور	دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی	دکترای مهندسی عمران
رضا کمالیان	دانشگاه قم	دکترای مهندسی عمران
احسان راست گفتار	سازمان بنادر و دریانوردی	دکترای مهندسی عمران
بابک بنی جمالی	شرکت مهندسین مشاور دریابندر	دکترای مهندسی عمران

اعضای گروه نظارت:

حمید خلیلی	مدیر کل مهندسی سواحل و بنادر	فوق‌لیسانس سازه‌های هیدرولیکی
بهزاد الوند	رئیس اداره مهندسی بنادر	فوق‌لیسانس مدیریت ساخت

اعضا کارگروه ضوابط و معیارهای فنی و اجرایی سازه‌های ساحلی و دریایی:

محمدرضا الهیار	معاون مهندسی و توسعه امور زیربنایی	سازمان بنادر و دریانوردی
جمشید عباسی راد	مدیرکل مهندسی عمران و نظارت بر طرح‌ها	سازمان بنادر و دریانوردی
محمد شاکری‌نیا	رئیس اداره مهندسی طراحی	سازمان بنادر و دریانوردی
سحر مختاری	کارشناس اداره مهندسی بنادر	سازمان بنادر و دریانوردی
فرزانه آقارمضانعلی	رئیس کارگروه امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران	سازمان برنامه و بودجه کشور
محمدامیر طباخها	کارشناس امور راه و ترابری و مدیریت عمران شهری و روستایی	سازمان برنامه و بودجه کشور
حمیدرضا خاشعی	کارشناس امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران	سازمان برنامه و بودجه کشور
محمد مختاری	دانشگاه هرمزگان	
افشین کلانتری	پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله	
مجید جندقی	جامعه مهندسین مشاور	

omoorepeyman.ir

بابک بنی جمالی	شرکت مهندسین مشاور دریابندر
محمودرضا اکبرپور جنت	پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی
مهدی شفیعی‌فر	دانشگاه تربیت مدرس
سیده معصومه صداقی	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

اعضا گروه هدایت و راهبری (سازمان برنامه و بودجه کشور):

علیرضا توتونچی	معاون امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران	سازمان برنامه و بودجه کشور
فرزانه آقارمضانعلی	رئیس کارگروه امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران	سازمان برنامه و بودجه کشور
حمیدرضا خاشعی	کارشناس امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران	سازمان برنامه و بودجه کشور
محمدامیر طباخها	کارشناس امور راه و ترابری و مدیریت عمران شهری و روستایی	سازمان برنامه و بودجه کشور

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل ۱ – کلیات ۱

۱- ۱- محدوده کاربرد ۲

۱- ۲- گروه‌بندی ساختمان‌ها از لحاظ ریسک سونامی ۲

۱- ۳- هدف ۲

۱-۴- تعاریف ۴

فصل ۲ – کمیت‌های طراحی سونامی ۱۳

۲- ۱- نحوه برآورد کمیت‌های طراحی سونامی ۱۴

۲- ۱- ۱- ساختمان‌ها و سازه‌های نوع ۲ و ۳ از لحاظ ریسک سونامی ۱۴

۲- ۱- ۲- ساختمان‌ها و سازه‌های نوع ۴ از لحاظ ریسک سونامی ۱۴

۲- ۱- ۳- تغییرات تراز سطح دریا ۱۵

۲- ۱- ۴- تعیین مقادیر کمیت‌های طراحی سونامی ۱۵

۲- ۲- محاسبه کمیت‌های طراحی سونامی بر مبنای بالاروی ۱۵

۲- ۲- ۱- تحلیل شیب خط انرژی در رابطه با عمق آبگرفتگی و سرعت جریان ۱۶

۲- ۲- ۲- زبری زمین ۱۷

۲- ۲- ۳- خیزاب سونامی ۱۸

۲- ۲- ۴- برآورد بالاروی بر مبنای دامنه دور از ساحل سونامی ۱۸

۲- ۳- تعیین کمیت‌های طراحی سونامی از طریق شبیه‌سازی عددی ویژه ساختگاه ۱۸

۲- ۳- ۱- بازسازی سری زمانی موج سونامی ۱۹

۲- ۳- ۳- الزامات شبیه‌سازی تولید سونامی ۲۱

۲- ۳- ۴- ملاحظه عدم قطعیت‌های طبیعی ۲۱

۲- ۳- ۵- الزامات شبیه‌سازی انتشار سونامی ۲۲

۲- ۳- ۶- الزامات شبیه‌سازی آبگرفتگی سونامی ۲۲

۲- ۴- تشدید سرعت‌های جریان ۲۳

فصل ۳ – الزامات سازه‌ای ۲۵

۳- ۱- سطوح عملکرد سازه‌ای ۲۶

۳- ۱- ۱- ساختمان‌ها و سازه‌های نوع ۲ و ۳ از لحاظ ریسک سونامی ۲۶

۳- ۱- ۲- ساختمان‌ها و سازه‌های نوع ۴ از لحاظ ریسک سونامی ۲۶

۳- ۲- حالت‌های بارگذاری سونامی ۲۶

omoorepeyman.ir

۳- ۳- حالت‌های ترکیب بار ۲۷
۳- ۴- معیارهای پذیرش سازه‌ای ۲۸
۳- ۵- حداقل نسبت انسداد جهت برآورد بارهای سونامی ۲۸
۳- ۶- تعداد چرخه‌های بارگذاری جریان سونامی ۲۸
۳- ۷- انحراف جهت جریان سونامی ۲۹
۳- ۸- اثرات زمین‌لرزه پیش از سونامی بر شالوده ۲۹
۳- ۹- مدلسازی فیزیکی ۲۹
فصل ۴– نیروهای سونامی ۳۱
۴- ۱- ضرایب اهمیت سونامی و جرم مخصوص سیال ۳۲
۴- ۲- نیروهای هیدرواستاتیکی ۳۲
۴- ۲- ۱- نیروی شناوری ۳۲
۴- ۲- ۲- نیروی هیدرواستاتیکی جانبی نامتوازن ۳۳
۴- ۲- ۳- سربار آب مانده روی کف‌ها و دیوارها ۳۴
۴- ۲- ۴- اضافه فشار هیدرواستاتیکی روی شالوده ۳۴
۴- ۳- نیروهای هیدرودینامیکی ۳۴
۴- ۳- ۱- فشار جانبی یکنواخت معادل ۳۵
۴- ۳- ۲- نیروهای هیدرودینامیکی جانبی ۳۵
۴- ۳- ۳- فشارهای هیدرودینامیکی اعمالی بر کف‌ها ۳۸
۴- ۴- نیروهای ناشی از ضربه آوار ۴۱
۴- ۴- ۱- بار استاتیکی ساده شده ضربه آوار ۴۱
۴- ۴- ۲- نیروی ضربه تیرهای چوبی ۴۲
۴- ۴- ۳- نیروی ضربه خودروها ۴۳
۴- ۴- ۴- نیروی ضربه تخته‌سنگ‌ها و قطعات بتنی شناور ۴۳
۵-۴-۴- شناسایی ناحیه خطر برخورد کانتینرهای کشتیرانی، کشتی‌ها و بارج‌ها ۴۳
۴- ۴- ۶- نیروی ضربه کانتینرهای کشتیرانی ۴۴
۴- ۴- ۷ - نیروی ضربه آوار غیرمعمول ۴۶
۴- ۴- ۸- روش‌های جایگزین تحلیل پاسخ سازه تحت اثر بار ضربه آوار ۴۶
فصل ۵– الزامات شالوده ۴۷
۵- ۱- طراحی شالوده ۴۸
۵- ۲- ضرایب مقاومت جهت تحلیل پایداری شالوده ۴۸
۵- ۳- نیروها و اثرات سونامی ۴۸

omoorepeyman.ir

۵- ۳- ۱- نیروهای بالابرنده ناشی از تراوش تحتانی ۴۸
۵- ۳- ۲- کاهش مقاومت ۴۹
۵- ۳- ۳- فرسایش کلی ۴۹
۵- ۳- ۴- آبشستگی ۴۹
۵- ۳- ۵- نیروهای افقی خاک ۵۱
۵- ۳- ۶- تغییرمکان‌ها ۵۱
۵- ۴- روش‌های حفاظت از شالوده ۵۲
۵- ۴- ۱- خاکریزی ۵۲
۵- ۴- ۲- دال‌های محافظ ۵۲
۵- ۴- ۳- ژئوتکستایل و سیستم های تسلیح خاک ۵۲
۵- ۴- ۴- سیستم‌های روکش خاک ۵۳
۵- ۴- ۵- اصلاح خاک ۵۳
فصل ۶– ملاحظات خاص ۵۴
۶- ۱- پناهگاه‌های تخلیه قائم ۵۷
۶- ۱- ۱- حداقل ارتفاع و عمق آبگرفتگی ۵۷
۶- ۱- ۲- بار زنده ۵۸
۶- ۱- ۳- ضربه سقوط سازه‌های مجاور ۵۸
۶- ۱- ۴- اطلاعات موجود در اسناد احداث ۵۸
۶- ۱- ۵- کنترل مضاعف ۵۸
۶- ۲- دیواره‌های مانع سونامی ۵۸
۶- ۳- اجزا و سیستم‌های غیرسازه‌ای با اهمیت زیاد ۵۹
۶- ۴- سازه‌های غیرساختمانی نوع ۳ و نوع ۴ از لحاظ ریسک سونامی ۵۹
فصل ۷– سونامی در سواحل ایران ۵۸
۷-۱- مقدمه ۶۱
۷-۲- سونامی و سواحل ایران **۶۱**
۷-۲-۱ دریای عمان ۶۱
۷-۲-۲- خلیج فارس **۶۳**
۷-۲-۳- دریای خزر **۶۳**
مراجع ۶۷

omoorepeyman.ir

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱: ساختمان‌ها و سازه‌ها از لحاظ ریسک سونامی..... ۳

جدول ۲-۱: ضریب مانینگ (n) در تحلیل شیب خط انرژی..... ۱۷

جدول ۳-۱: حداقل ضرایب مقیاس جهت مدلسازی فیزیکی..... ۳۰

جدول ۴-۱: ضریب اهمیت سونامی (I_{tsu}) در برآورد نیروهای هیدرودینامیکی و نیروهای ناشی از ضربه آوار شناور..... ۳۲

جدول ۴-۲: ضریب پسا (C_d) برای سازه‌های دارای هندسه متشکل از خطوط مستقیم (فاقد انحنا)..... ۳۶

جدول ۴-۳: ضریب پسا(C_d) برای اعضای سازه‌ای..... ۳۷

جدول ۴-۴: ضریب پاسخ دینامیکی (R_{max}) برای بارهای ضربه‌ای..... ۴۳

جدول ۴-۵: وزن و سختی کانتینرهای باری شناور..... ۴۶

جدول ۵-۱: عمق آبشستگی ناشی از جریان پایدار و نرم‌شدگی فشار آب‌حفره‌ای..... ۵۰

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱: کمیت‌های مربوطه در روش تحلیل شیب خط انرژی..... ۱۶

شکل ۲-۲: نمودار تغییرات نسبت بالاروی به دامنه دور از ساحل سونامی (R/H_T) در برابر کمیت تشابه شکست ($\xi_{۰}$)... ۱۹

شکل ۲-۳: نمایش کمیت‌های سری زمانی موج سونامی..... ۲۰

شکل ۴-۱: چگونگی تعیین ناحیه خطر برخورد آوار شناور سونامی..... ۴۵

شکل ۵-۱: نمایش کمیت‌های آبشستگی ریزشی..... ۵۱

شکل ۶-۱: تراز پایین‌ترین طبقه مختص پناهگیری در برابر سونامی..... ۵۷

شکل۷-۱: موقعیت ناحیه فرورانش مکران در شمال‌غرب اقیانوس هند (**Heidarzadeh** و همکاران، ۲۰۰۸)..... ۶۲

شکل ۷-۲: لرزه‌خیزی دریای خزر و نواحی شمالی ایران حد فاصل سال‌های ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۴ (**Salaree** و **Okal**، ۲۰۱۵)... ۶۴

omoorepeyman.ir

علائم

A_{beam}	مجموع مساحت تصویر عمودی تیرها
A_{col}	مساحت تصویر عمودی هر ستون
A_{wall}	مساحت تصویر عمودی هر دیوار
a_1	دامنه موج پیشرو (موج اولیه) سونامی
a_2	دامنه موج متعاقب (موج ثانویه) سونامی
b	عرض (عضو یا جسم) در معرض نیرو
B	عرض کلی ساختمان
C_{bs}	ضریب کاهشی بازشوی کف
C_{cx}	ضریب متناسب با نسبت انسداد
C_d	ضریب پسا (بر پایه نیروهای شبه دائمی)
C_{dis}	ضریب دبی برای روگذری
C_o	ضریب امتداد برخورد آوار
c_{2V}	ضریب آبشستگی ریزشی
D	بار مرده
d_d	اختلاف ارتفاع اضافی سطح آب بالادست و پایین دست (نسبت به تراز پای دیواره) در آبشستگی ریزشی
D_s	عمق آبشستگی
DT	وزن آب جابه‌جا شده
DWT	ظرفیت وزن مرده شناور
E	بار زلزله
E_g	بار آبی در تحلیل شیب خط انرژی
F_d	نیروی پسای اعمالی بر اعضا
F_{dx}	نیروی پسا اعمالی بر ساختمان یا سازه در تراز مورد نظر
F_h	نیروی هیدرواستاتیکی جانبی نامتوازن
F_i	نیروی ضربه آوار
F_{ni}	مقدار اسمی حداکثر نیروی ضربه آنی آوار
F_{pw}	نیروی هیدرودینامیکی اعمالی بر دیوارهای مشبک
F_r	عدد فرود برابر $u/(gh)^{1/2}$
F_{TSU}	بار سونامی

omoorepeyman.ir

f_{uw}	نیروی جانبی یکنواخت معادل (در واحد عرض)
F_v	نیروی شناوری
F_w	نیروی اعمالی بر دیوار یا ستون
$F_{w\theta}$	نیروی اعمالی بر دیوار دارای زاویه θ نسبت به جریان
g	شتاب گرانش
h	عمق آبگرفتگی سونامی نسبت به صفحه تراز در محل سازه
H_B	ارتفاع مانعی که جریان از آن ریزش کرده است
h_e	ارتفاع آبگرفتگی شده اعضا
hi	عمق آبگرفتگی در نقطه i
h_{max}	عمق آبگرفتگی حداکثر نسبت به صفحه تراز در محل سازه
h_o	عمق آب در فراساحل
H_O	عمق آب در بالای مانعی که جریان از آن ریزش کرده است
h_r	ارتفاع آب مانده در ساختمان
h_s	ارتفاع بخش فوقانی کف طبقه نسبت به صفحه تراز در محل سازه
h_{ss}	ارتفاع بخش زیرین کف طبقه نسبت به صفحه تراز در محل سازه
h_{sx}	ارتفاع طبقه x
H_T	دامنه دور از ساحل سونامی
H_{TSU}	بار ناشی از فشارهای جانبی اعمالی بر شالوده که بر اثر سونامی در شرایط مستغرق ایجاد می‌شود.
I_{tsu}	ضریب اهمیت مربوط به نیروهای سونامی (جهت ملاحظه سایر عدم قطعیت‌های کمیت‌های تخمینی)
k	سختی مؤثر آوار برخورد کننده یا سختی جانبی عضو سازه‌ای تغییرشکل یافته در اثر برخورد
k_s	ضریب جرم مخصوص (جهت ملاحظه حضور خاک و سایر اجسام کوچک معلق در جریان سونامی)
L	بار زنده
L_{refuge}	بار زنده پناهگیری
l_w	طول دیوار سازه‌ای
LWT	وزن خالص کشتی (بدون احتساب وزن بار، سوخت، آب مصرفی، آب توازن، آذوقه، مسافران و خدمه)
$m_{contents}$	جرم محتویات کانتینر باری
m_d	جرم آوار شناور
n	ضریب مانینگ
P_u	فشار بالابرنده وارده بر کف یا اعضای افقی ساختمان
P_{ur}	فشار بالابرنده کاهش یافته بر کف دارای بازشو

omoorepeyman.ir

q	دبی در واحد عرض روی سازه‌ای که جریان از آن ریزش کرده است
R	تراز بالاروی سونامی
R_{max}	ضریب پاسخ دینامیکی
s	شیب خط انرژی
S	بار برف
t	زمان
t_d	مدت زمان ضربه آوار شناور
t_o	زمان انتقال دنباله موج
T_{TSU}	دوره تناوب موج غالب سونامی
u	سرعت جریان سونامی
U	سرعت جت جریان ریزشی
u_{max}	حداکثر سرعت جریان سونامی در محل سازه
u_v	مؤلفه قائم سرعت جریان سونامی
Vw	حجم آب جابه‌جا شده
w_g	عرض بازشو
W_s	وزن سازه
x	فاصله افقی در خشکی نسبت خط ساحل
x_R	فاصله افقی حدود آبگرفتگی نسبت خط ساحل
z	تراز بستر (نسبت به تراز مبنای سطح دریا)
α	ضریب عدد فرود در تحلیل شیب خط انرژی
γ_s	وزن مخصوص حداقل سیال (در برآورد بارهای هیدرودینامیکی)
γ_{sw}	وزن مخصوص آب دریا
Δx_i	طول افقی بازه در تحلیل شیب خط انرژی
ξ_{100}	کمیت تشابه شکست
η	تراز سطح آزاد موج سونامی (تابع زمان)
θ	زاویه میان دیوار محور طولی دیوار و جهت جریان
λ	ضریب مقاومت مصالح
ρ_s	جرم مخصوص حداقل سیال (در برآورد بارهای هیدرودینامیکی)
ρ_{sw}	جرم مخصوص آب دریا
φ	شیب میانگین بستر در محل سازه

omoorepeyman.ir

φ_i شیب میانگین بستر در نقاط i

Φ زاویه میانگین شیب نیمرخ نزدیک ساحل

ψ زاویه بین جت آب درون حفره آبشستگی و خط افق

Ω فرکانس زاویه‌ای سری زمانی سونامی برابر با $2\pi/T_{TSU}$

Ω_O ضریب اضافه مقاومت سیستم باربر جانبی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۱

کلیات

omoorepeyman.ir

۱- ۱- محدوده کاربرد

ساختمان‌ها و سازه‌های زیر، در صورتی که در محدوده "ناحیه طرح سونامی" واقع شده باشند، مشمول این راهنما بوده و باید برای اثرات "حداکثر سونامی موردنظر" طراحی گردند:

الف) "ساختمان‌ها و سازه‌های نوع ۴ از لحاظ ریسک سونامی"؛

ب) "ساختمان‌ها و سازه‌های نوع ۳ از لحاظ ریسک سونامی"، در صورتی‌که عمق آبگرفتگی در هر موقعیت از پای سازه بیش از ۱ متر باشد؛

۱-۱-۱: در صورت نیاز و بنابر تشخیص نهاد ناظر منطقه‌ای و کارفرما، "ساختمان‌ها و سازه‌های نوع ۲ از لحاظ ریسک سونامی" نیز مشمول طراحی در برابر بارها و اثرات سونامی طبق راهنمای حاضر خواهند بود (در صورتی که عمق آبگرفتگی در هر موقعیت از پای سازه بیش از ۱ متر باشد)؛

۱-۱-۲ : "ساختمان‌های نوع ۲ از لحاظ ریسک سونامی" یک طبقه، در صورتی که دارای نیم طبقه یا سقف قابل سکونت نبوده و فاقد تجهیزات یا سیستم‌های حیاتی باشند، نیازمند طراحی در برابر سونامی نیستند.

۱-۱-۳: موج شکن‌های سنگی و مرکب مشمول راهنمای حاضر نبوده و طراحی آن‌ها در برابر سونامی بر مبنای - ضابطه شماره ۷۵۲ امور نظام فنی، با عنوان "راهنمای طراحی موج‌شکن‌های توده سنگی و مرکب در برابر سونامی" خواهد بود؛ لیکن شیوه‌های ارائه شده در این راهنما جهت برآورد کمیت‌های طراحی سونامی می‌تواند در طراحی سازه‌های مذکور نیز ملاک عمل قرار گیرد.

۱- ۲- گروه‌بندی ساختمان‌ها از لحاظ ریسک سونامی

به منظور ملاحظه اثر سونامی در طراحی‌ها، ساختمان‌ها و سایر سازه‌های موضوع این راهنما متناسب با میزان خطری که آسیب یا ویرانی آنها متوجه زندگی، سلامتی و آسایش انسان‌ها می‌سازد، مطابق جدول ۱-۱ طبقه‌بندی می‌شوند.

۱- ۳- هدف

هدف از راهنمای حاضر تدوین معیارها و ضوابط حداقلی جهت طراحی و ارزیابی ساختمان‌ها و سازه‌ها در برابر اثرات سونامی، شامل نیروهای هیدرواستاتیکی و هیدرودینامیکی، انباشت و ضربه آوارهای شناور، نشست و آبشستگی است؛ به نحوی که با رعایت آن‌ها انتظار می‌رود:

الف) در "پناهگاه‌های قائم سونامی" در اثر سونامی طرح، "سطح عملکرد سازه‌ای خدمت‌رسانی بی‌وقفه" تأمین گردد؛

omoorepeyman.ir

جدول ۱-۱: ساختمان‌ها و سازه‌ها از لحاظ ریسک سونامی

نوع ساختمان و سازه از لحاظ ریسک سونامی	ساختمان‌ها و سازه‌های مشمول نوع ریسک سونامی
۱	• ساختمان‌ها و سازه‌هایی که بروز حادثه یا ویرانی در آن‌ها، از لحاظ زیان اقتصادی و احتمال بروز تلفات، خطر اندکی برای زندگی انسان‌ها به همراه دارد؛ مانند: انبارهای کشاورزی و سالن‌های مرغداری. • ساختمان‌ها و سازه‌های موقت با عمر بهره‌برداری کمتر از ۲ سال.
۲	• کلیه ساختمان‌ها و سازه‌ها جز موارد عنوان نشده در دسته‌های نوع ۱، نوع ۳ و نوع ۴؛ مانند ساختمان‌های مسکونی، اداری و تجاری، هتل‌ها، کارگاه‌ها و ساختمان‌های صنعتی.
۳	• ساختمان‌ها و سازه‌هایی که بروز حادثه یا ویرانی در آن‌ها موجب تلفات زیاد، زیان اقتصادی قابل توجه و یا اخلال گسترده در زندگی روزمره منجر شود؛ مانند: بیمارستان‌ها و درمانگاه‌ها، مراکز آتش‌نشانی، مراکز کمک‌رسانی، مدارس، سالن‌های اجتماعات، ترمینال‌های مسافری، پارکینگ وسایل نقلیه اضطراری، آشیانه‌های هواپیماهای اضطراری؛ • ساختمان‌ها و سازه‌هایی که خرابی آن‌ها سبب از دست رفتن ثروت ملی می‌گردد؛ مانند: موزه‌ها، کتابخانه‌ها و به طور کلی مراکزی که در آن‌ها اسناد و مدارک ملی و یا آثار پر ارزش نگهداری می‌شود.
۴	• ساختمان‌ها و سازه‌هایی که به عنوان تأسیسات حیاتی شناخته می‌شوند؛ مانند: نیروگاه‌ها و تأسیسات برق‌رسانی، برج‌های مراقبت فرودگاه‌ها، مراکز و تأسیسات مرتبط آبرسانی، تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، مراکز مخابرات؛ • ساختمان‌ها و سازه‌هایی که خرابی آن‌ها موجب انتشار گسترده مواد سمی و مضر، آلودگی محیط زیست و یا آتش‌سوزی وسیع می‌شود؛ مانند کارخانه‌های تولید کننده مواد شیمیایی خاص، پالایشگاه‌ها، تأسیسات تولید، نگهداری، انتقال، استفاده و امها سوخت، مراکز گازرسانی؛ • پناهگاه‌های قائم سونامی.

بدین معنا که مقاومت و سختی اجزای سازه تغییر قابل توجهی پیدا نکرده و استفاده بی‌وقفه از پناهگاه ممکن و ایمن باشد.

ب) در سایر "ساختمان‌ها و سازه‌های نوع ۴ از لحاظ ریسک سونامی" در اثر سونامی طرح، حداقل "سطح عملکرد سازه‌ای ایمنی جانی" فراهم گردد؛ بدین معنا که با وجود ایجاد خرابی در سازه، میزان خرابی‌ها به اندازه‌ای نباشد که به تلفات جانی منجر شود و حاشیه امنی تا آغاز فرو ریزش جزئی یا کلی موجود باشد.

ج) در "ساختمان‌ها و سازه‌های نوع ۲ و ۳ از لحاظ ریسک سونامی" در اثر سونامی طرح، "سطح عملکرد سازه‌ای اجتناب از واژگونی" فراهم گردد؛ بدین معنا که با وجود ایجاد خرابی گسترده در سازه، تلفات جانی حداقل بوده و ساختمان همچنان به تحمل بارهای ثقلی ادامه می‌دهد، اما در آستانه فروریزش قرار دارد.

omoorepeyman.ir

۱-۴- تعاریف

آبشستگی هدایت شده:

CHANNELIZED SCOUR

آبشستگی ناشی از جریان گسترده‌ای است که در یک ناحیه متمرکز انتقال می‌یابد؛ همانند جریان بازگشتی داخل یک کانال یا آبراهه از پیش موجود یا جریان در امتداد یک دیوار دریایی.

آبشستگی موضعی:

LOCAL SCOUR

برداشت مواد در یک بخش متمرکز از سطح زمین که از حضور جریان در اطراف یک سازه یا عضو سازه‌ای ناشی می‌شود.

آبشستگی در پایه‌ها:

PILE SCOUR

حالت خاصی از آبشستگی موضعی شدت یافته که در اطراف پایه‌های پل، شمع‌ها و سازه‌های لاغر مشابه رخ می‌دهد.

آبشستگی ریزشی:

PLUNGING SCOUR

حالت خاصی از آبشستگی شدت یافته موضعی که در اثر ریزش شدید جریان روی سطح زمین، پس از عبور از یک مانع کامل یا تقریباً کامل (مانند دیوارهای حایل)، رخ داده و سبب ایجاد یک گودشدگی موضعی می‌شود.

آبشستگی جریان پایدار:

SUSTAINED FLOW SCOUR

آبشستگی شدت یافته موضعی که تحت اثر شتاب جریان در مجاورت یک سازه رخ داده و در خلال آن شتاب جریان و گردابه‌های همراه، با افزایش تنش برشی بستر سبب ایجاد یک گودشدگی موضعی می‌شود.

آبشستگی پنجه:

TOE SCOUR

حالت خاصی از آبشستگی شدت یافته موضعی که در پای یک دیوار دریایی یا سازه مشابه‌ای که از یک سو در معرض مستقیم جریان قرار دارد، رخ می‌دهد.

آبشستگی روانگرایی:

LIQUEFACTION SCOUR

حد نهایی نرم‌شدگی فشار آب حفره‌ای (منفذی) در حضور جریان هیدرودینامیکی که در خلال آن مقدار تنش مؤثر ذرات خاک به صفر می‌رسد. در حین آبشستگی روانگرایی در خاک‌های غیرچسبنده، تنش برشی نیز که جهت آغاز حرکت و انتقال

omoorepeyman.ir

رسوبات نیاز است، برابر صفر می‌شود.

نرم‌شدگی ناشی از فشار آب‌حفره‌ای (منفذی):

PORE PRESSURE SOFTENING

مکانیزمی که به واسطه افزایش فشار آب‌حفره‌ای (منفذی) درون خاک در حین بارگذاری سریع سونامی و آزادسازی فشار مذکور حین فروکش کردن سونامی، آبشستگی را تقویت می‌کند.

اجزاءِ سازه‌ای:

STRUCTURAL COMPONENT

اجزائی از ساختمان که به‌عنوان بخشی از مسیر پیوسته انتقال بار به پی، در حمل بارهای ثقلی یا تحمل بارهای جانبی مشارکت دارند؛ شامل تیرها، ستون‌ها، مهاربندها، دیوارها، پایه‌ها، تیرهای همبند، و اتصالات.

اجزءِ سازه‌ای اصلی:

PRIMARY STRUCTURAL COMPONENT

اجزاءِ سازه‌ای ضروری جهت تحمل نیروهای سونامی و اجزاءِ سازه‌ای در معرض آبگرفتگی در سیستم حمل بارهای ثقلی.

اجزءِ سازه‌ای فرعی:

SECONDARY STRUCTURAL COMPONENT

اجزاءِ سازه‌ای غیر از اجزاءِ سازه‌ای اصلی.

اجزا و سیستم‌های غیرسازه‌ای با اهمیت زیاد:

DESIGNATED NONSTRUCTURAL COMPONENTS AND SYSTEMS

اجزاءِ و سیستم‌های غیرسازه‌ای که مقدار ضریب اهمیت اجزاءِ (I_p) آن‌ها، براساس بند ۴-۱-۳ "آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله" (استاندارد ۲۸۰۰، ویرایش چهارم)، برابر ۱/۵ در نظر گرفته می‌شود.

ارتفاع سونامی:

TSUNAMI HEIGHT

اختلاف بین بالاترین و پایین‌ترین تراز آب متوالی در سری زمانی سطح آزاد سونامی (پس از حذف نوسانات جزر و مدی).

ارتفاع دور از ساحل سونامی:

omoorepeyman.ir

OFFSHORE TSUNAMI HEIGHT

ارتفاع حداکثر سونامی موردنظر در عمق ۱۰۰ متری.

ارتفاع خیزاب سونامی:

TSUNAMI BORE HEIGHT

ارتفاع خیزاب شکسته سونامی نسبت به تراز آب جلوی سونامی؛ در صورت رسیدن سونامی به خشکی، ارتفاع مذکور نسبت به تراز زمین سنجیده می‌شود.

بارهای ضربه‌ای:

IMPACT LOADS

بارهای ناشی از برخورد اجسام شناور رانده شده توسط سونامی به سازه.

بارهای هیدرواستاتیکی:

HYDROSTATIC LOADS

بارهای وارده بر یک جسم توسط توده آب ساکن.

بارهای هیدرودینامیکی:

HYDRODYNAMIC LOADS

بارهای وارده بر یک جسم توسط جریان آب اطراف آن.

پناهگاه تخلیه قائم سونامی:

TSUNAMI VERTICAL EVACUATION REFUGE STRUCTURE

سازه‌ای که به عنوان مکان امن در برابر سونامی تعیین و طراحی می‌گردد و بخشی از جمعیت منطقه، در مواقع عدم دسترسی به زمین مرتفع، می‌تواند در بالای آن پناه گیرد.

تأسیسات حیاتی:

CRITICAL FACILITY

ساختمان‌ها و سازه‌هایی که خدمات آن‌ها در مدیریت بحران و ادامه فعالیت‌های اجتماعی و اقتصادی منطقه از جایگاه حیاتی برخوردار است؛ مانند تأسیسات نیرو، سوخت، آب، ارتباطات، زیرساخت‌های اصلی حمل و نقل و مراکز درمانی.

تجهیزات یا سیستم‌های حیاتی:

CRITICAL EQUIPMENT OR CRITICAL SYSTEMS

omoorepeyman.ir

اجزاءِ غیرسازه‌ای که با عملکرد تأسیسات حیاتی در ارتباط بوده و یا جهت نگهداری و کنترل مواد خطرناک ضروری هستند.

تراز آبگرفتگی:

INUNDATION ELEVATION

تراز سطح آزاد آب (ناشی از سونامی طرح و با احتساب تغییرات تراز نسبی دریا) نسبت به تراز قائم مبنای دریا.

تراز بالاروی:

RUNUP ELEVATION

تراز زمین در منتهای محدوده آبگرفتگی سونامی (با احتساب تغییرات تراز نسبی سطح دریا) به نسبت تراز قائم مبنا.

تراز مبنای سطح دریا:

REFERENCE SEA LEVEL

تراز مبنای سطح آزاد دریا در شبیه‌سازی عددی آبگرفتگی ویژه ساختگاه؛ که معمولاً برابر تراز میانگین مد (MHWL) در نظر گرفته می‌شود.

تغییر تراز نسبی سطح دریا:

RELATIVE SEA LEVEL CHANGE

تغییر در تراز سطح دریا به نسبت خشکی؛ که ممکن است از افزایش آب اقیانوس یا فرونشست زمین ناشی گردد.

حداکثر سونامی موردنظر:

MAXIMUM CONSIDERED TSUNAMI

سونامی محتملی که احتمال رخداد آن در یک مدت زمان ۵۰ ساله، بیشتر از ۲ درصد باشد (سونامی با دوره بازگشت ۲۴۷۵ سال).

کم عمق شدگی:

SHOALING

افزایش ارتفاع و تیزی موج در اثر کاهش عمق آب به هنگام پیشروی به سمت آب کم‌عمق.

خیزاب:

SURGE

بالا آمدن سریع تراز آب دریا که منجر به شکل‌گیری جریان افقی در خشکی می‌شود.

omoorepeyman.ir

دامنه سونامی:

TSUNAMI AMPLITUDE

مقدار مطلق اختلاف میان یک تاج یا قعر خاص در سری زمانی سطح آزاد سونامی و تراز آب ساکن مربوط به همان لحظه.

دامنه نزدیک ساحل سونامی:

NEARSHORE TSUNAMI AMPLITUDE

دامنه حداکثر سونامی موردنظر در عمق ۱۰ متری.

دامنه دور از ساحل سونامی:

OFFSHORE TSUNAMI AMPLITUDE

دامنه حداکثر سونامی موردنظر در عمق ۱۰۰ متری.

دیوار منفصل سونامی:

TSUNAMI BREAKAWAY WALL

هر گونه دیوار در معرض سیلاب سونامی که فاقد نقش سازه‌ای بوده و به‌گونه‌ای طراحی و اجرا می‌گردد تا پیش از برقراری شرایط جریان در حالت ۱ بارگذاری آبگرفتگی سونامی (طبق بند ۳-۲) دچار واژگونی یا انفصال شود؛ به گونه‌ای که اولاً امکان عبور آزاد جریان و اجسام شناور رانده شده داخل یا خارج ساختمان وجود داشته و ثانیاً به مجموعه سازه و شالوده آسیبی وارد نگردد.

دیوار سازه‌ای:

STRUCTURAL WALL

دیوار طراحی شده جهت مشارکت در حمل بارهای ثقلی یا تحمل بارهای جانبی.

سازه‌ی باز:

OPEN STRUCTURE

سازه‌ای که نسبت انسداد آن (متناظر با عمق آبگرفتگی) کمتر از ۰/۲ بوده و فاقد دیواره‌های جداکننده یا اجزایی که سبب ممانعت در عبور آزاد اجسام شناور رانده شده خارجی و داخلی می‌شوند، باشد.

سازه‌ی غیرساختمانی:

NONBUILDING STRUCTURE

به هر گونه سازه غیر از ساختمان اطلاق می‌گردد.

سازه‌ی حیاتی غیرساختمانی:

omoorepeyman.ir

NONBUILDING CRITICAL FACILITY STRUCTURE

به سازه‌های غیرساختمانی نوع ۳ و نوع ۴ از لحاظ ریسک سونامی اطلاق می‌گردد.

سطح عملکرد سازه‌ای "اجتناب از واژگونی":

COLLAPSE PREVENTION STRUCTURAL PERFORMANCE LEVEL

سطحی از آسیب پس از حادثه که در آن سطح سازه دارای اجزاءِ آسیب‌دیده بوده و به تحمل بارهای ثقلی ادامه می‌دهد؛ اما در آستانه واژگونی قرار دارد.

سطح عملکرد سازه‌ای "ایمنی جانی":

LIFE SAFETY STRUCTURAL PERFORMANCE LEVEL

سطحی از آسیب پس از حادثه که در آن سطح سازه دارای اجزاءِ آسیب دیده می‌باشد؛ اما حاشیه امنی تا آغاز واژگونی جزئی یا کلی وجود دارد.

سطح عملکرد سازه‌ای " خدمت‌رسانی بی‌وقفه":

COLLAPSE PREVENTION STRUCTURAL PERFORMANCE LEVEL

سطحی از آسیب پس از حادثه که در آن سطح سازه جهت فعالیت و خدمت‌رسانی ایمن باقی می‌ماند.

سونامی:

TSUNAMI

مجموعه‌ای از امواج با طول موج‌های بلند متغیر که در اثر جابه‌جایی توده عظیمی از آب دریا (معمولاً ناشی از بالاآمدگی یا فروافتادگی بستر دریا در اثر زمین‌لرزه) ایجاد می‌شود.

سونامی لرزه‌ای محلی:

LOCAL COSEISMIC TSUNAMI

سونامی ناشی از زلزله‌ای که رخداد و اثرات مخرب آن در منطقه‌ای که متعاقباً دچار آبگرفتگی خواهد شد، احساس گردد.

شار حرکت:

MOMENTUM FLUX

مقدار حاصل از رابطه $\rho_s hu^2$ (از جنس نیرو در واحد عرض)؛ که در آن u: سرعت میانگین عمقی، h: عمق آبگرفتگی و ρ_s: چگالی سیال می‌باشد.

صفحه تراز:

GRADE PLANE

omoorepeyman.ir

یک صفحه‌ی مرجع افقی در محل سازه که نمایانگر میانگین تراز سطح تمام شده زمین در مجاورت سراسر دیوارهای خارجی سازه است. در جایی که سطح تمام شده زمین نسبت به دیوارهای خارجی شیب‌دار باشد، صفحه تراز براساس پایین‌ترین نقطه در محدوده میان سازه و مرز زمین تعیین می‌شود؛ در محلی که فاصله مرز زمین از سازه بیش از ۲ متر باشد، صفحه تراز مطابق پایین‌ترین نقطه در محدوده میان سازه و نقاط واقع در فاصله ۲ متری از آن حاصل می‌گردد.

ظرفیت وزن مرده:

DEADWEIGHT TONNAGE (DWT)

بیانگر میزان وزن قابل حمل یک کشتی است که وزن بار، سوخت، آب مصرفی، آب توازن، آذوقه، مسافران و خدمه را شامل می‌شود. به عبارت دیگر ظرفیت وزن مرده برابر است با وزن آب جابه‌جا شده (DT[1]) (توسط کشتی کاملاً بارگیری شده) منهای وزن خالص کشتی (بدون احتساب وزن بار، سوخت، آب مصرفی، آب توازن، آذوقه، مسافران و خدمه).

عدد فرود:

FROUDE NUMBER

عدد بی‌بعدی که جهت کمّی‌سازی سرعت جریان (سونامی) به عنوان تابعی از عمق آب، طبق رابطه $u/(gh)^{1/2}$ تعریف می‌شود؛ در رابطه مذکور u: سرعت میانگین جریان در مقطع عمود بر جریان می‌باشد.

عمق آبگرفتگی:

INUNDATION DEPTH

عبارت است از عمق آب (ناشی از سونامی طرح و با احتساب تغییرات تراز نسبی دریا) در محل سازه نسبت به صفحه تراز.

فرسایش کلی:

GENERAL EROSION

فرسایش در بخش عمده‌ای از سطح زمین در ناحیه آبگرفتگی که آبشستگی‌های موضعی را شامل نمی‌شود.

کمیت‌های طراحی سونامی:

DESIGN TSUNAMI PARAMETERS

کمیت‌های مربوط به سونامی که جهت طراحی‌ها مورد نیاز است؛ شامل عمق آبگرفتگی و سرعت جریان سونامی (حین جریان ورودی و بازگشتی سونامی).

محدوده آبگرفتگی:

INUNDATION LIMIT

[1] DT: Displacement Tonnage

omoorepeyman.ir

بیشترین میزان پیشروی افقی سیلاب ناشی از حداکثر سونامی موردنظر در خشکی (تا حدی که عمق آبگرفتگی برابر صفر گردد)؛ طول افقی ناحیه آبگرفتگی نسبت به خط ساحل، یعنی محلی که تراز قائم مبنا برابر صفر است، سنجیده می‌شود.

خیزاب سونامی:

TSUNAMI BORE

آب پیشرونده در لبه جلویی موج طویل سونامی که به شکل پیشانی تیز یک موج شکسته و آشفته ظاهر می‌شود؛ این مورد به هنگام رخداد خزش بر بسترهای دارای شیب ملایم یا روی ناپیوستگی‌های ناگهانی بستر دریا (مانند آبسنگ‌های حاشیه‌ای) و یا در مصب رودخانه‌ها ایجاد می‌شود.

مقاومت طراحی:

DESIGN STRENGTH

عبارت است از: حاصل‌ضرب مقاومت اسمی در ضریب کاهش مقاومت (φ).

ناحیه طرح سونامی:

TSUNAMI DESIGN ZONE:

ناحیه مشخص شده میان خط ساحل و محدوده آبگرفتگی (در نقشه ناحیه طرح سونامی) که سازه‌های واقع در آن در برابر آبگرفتگی ناشی از حداکثر سونامی موردنظر طراحی می‌شوند.

نسبت انسداد:

CLOSURE RATIO

نسبت سطح محصور در برابر آبگرفتگی بدون احتساب بازشوها و سطوح شیشه‌ای (شکننده) به کل مساحت صفحه تصویر عمودی سطح محصور در برابر آبگرفتگی که در معرض فشار جریان می‌باشد.

نقشه ناحیه طرح سونامی:

TSUNAMI DESIGN ZONE MAP

نقشه مشخص‌کننده محدوده آبگرفتگی مطابق با حداکثر سونامی موردنظر (نقشه پهنه‌بندی خطر سونامی).

نقشه فرار (تخلیه) سونامی:

TSUNAMI EVACUATION MAP

نقشه مشخص‌کننده محدوده تخلیه در برابر سونامی بر پایه نقشه آبگرفتگی سناریوهای فرضی؛ نقشه‌های آبگرفتگی مبنای محدوده تخلیه با نقشه ناحیه طرح سونامی متفاوت بوده و جهت ملاحظات طراحی یا کاربری اراضی در نظر گرفته نمی‌شوند.

omoorepeyman.ir

نیمرخ توپوگرافی:

TOPOGRAPHIC PROFILE

مقطع عرضی نمایانگر تراز قائم زمین در برابر فاصله افقی (تا یک نقطه مرجع) که جهت آن می‌تواند عمود بر خط ساحل و یا دارای زاویه مشخص نسبت به آن باشد.

نیمرخ ژرفاسنجی:

BATHYMETRIC PROFILE

مقطع عرضی نمایانگر عمق بستر دریا به عنوان تابعی از فاصله افقی تا یک نقطه مرجع (همچون خط ساحل).

نیمرخ نزدیک ساحل:

NEARSHORE PROFILE

نیمرخ ژرفاسنجی در محدوده خط ساحل تا عمق ۱۰۰ متری.

omoorepeyman.ir

فصل ۲

کمیت‌های طراحی سونامی

omoorepeyman.ir

۲-۱- نحوه برآورد کمیت‌های طراحی سونامی

با توجه به این‌که عمق آبگرفتگی و سرعت جریان ناشی از سونامی در محل ساختمان‌ها و سازه‌ها نمایانگر میزان اثرات و شدت سونامی هستند، کمیت‌های مذکور به عنوان کمیت‌های طراحی سونامی در نظر گرفته شده و جهت طراحی ساختمان‌ها و سازه‌های مشمول این راهنما در برابر سونامی، می‌بایست مقادیر آن‌ها مطابق با حداکثر سونامی موردنظر به شرح ذیل تعیین گردد:

۲-۱-۱- ساختمان‌ها و سازه‌های نوع ۲ و ۳ از لحاظ ریسک سونامی

برای ساختمان‌ها و سازه‌های نوع ۲ و ۳ از لحاظ ریسک سونامی، عمق آبگرفتگی و سرعت جریان مربوط به حداکثر سونامی موردنظر باید بر مبنای محدوده آبگرفتگی و تراز بالاروی حداکثر سونامی موردنظر و از طریق تحلیل شیب خط انرژی مطابق بند ۲-۲ محاسبه گردد.

در مواردی که محدوده آبگرفتگی و تراز بالاروی حداکثر سونامی موردنظر در منطقه مشخص نباشد، عمق آبگرفتگی و سرعت جریان برای ساختمان‌ها و سازه‌های مذکور باید با توجه به دامنه دور از ساحل حداکثر سونامی موردنظر مطابق بند ۲-۲-۴ تعیین گردد.

برای ساختمان‌ها و سازه‌های نوع ۲ و ۳ از لحاظ ریسک سونامی، شبیه‌سازی عددی ویژه ساختگاه (مطابق بند ۲-۳) می‌تواند جهت برآورد مستقیم عمق آبگرفتگی و سرعت جریان حداکثر سونامی موردنظر و به عنوان جایگزین شیوه تحلیل شیب خط انرژی به کار برده شود. البته مقادیر سرعت‌های جریان حاصل از شبیه‌سازی باید با رعایت ضوابط بند ۲-۱-۳ به کار برده شوند.

۲-۱-۲- ساختمان‌ها و سازه‌های نوع ۴ از لحاظ ریسک سونامی

در ساختمان‌ها و سازه‌های نوع ۴ از لحاظ ریسک سونامی، جهت تعیین عمق آبگرفتگی و سرعت جریان مربوط به حداکثر سونامی موردنظر، علاوه بر تحلیل شیب خط انرژی مطابق بند ۲-۲-۱، انجام شبیه‌سازی عددی ویژه ساختگاه (مطابق بند ۲-۳) ضروری است.

۲-۱-۲-۱: به جز پناهگاه‌های تخلیه قائم سونامی، در سایر ساختمان‌ها و سازه‌های نوع ۴ از لحاظ ریسک سونامی در صورتی‌که مقدار عمق آبگرفتگی حاصل از تحلیل شیب خط انرژی در هر نقطه از موقعیت سازه کمتر از ۳/۵ متر باشد، انجام شبیه‌سازی عددی ویژه ساختگاه الزامی نیست.

omoorepeyman.ir

۲-۱-۳- تغییرات تراز سطح دریا

در برآورد حداکثر عمق آبگرفتگی باید اثرات تغییرات احتمالی تراز نسبی سطح دریا در طول عمر سازه در نظر گرفته شود. در این رابطه حداقل طول عمر سازه برابر ۵۰ سال و حداقل نرخ تغییرات احتمالی تراز نسبی سطح دریا معادل نرخ تغییرات ثبت شده تراز دریا در گذشته اختیار می‌گردد. افزایش احتمالی تراز نسبی سطح دریا در طول عمر سازه باید به تراز مبنای سطح دریا و تراز آبگرفتگی سونامی افزوده شود.

۲-۱-۴- تعیین مقادیر کمیت‌های طراحی سونامی

در تعیین مقادیر کمیت‌های طراحی سونامی از میان مقادیر مستخرج از شبیه‌سازی عددی ویژه ساختگاه و مقادیر حاصل از تحلیل شیب خط انرژی، مقدار عمق آبگرفتگی حاصل از شبیه‌سازی به عنوان مقدار عمق آبگرفتگی طراحی در نظر گرفته می‌شود؛ اما مقدار سرعت جریان طراحی (پیش از اعمال اثر تشدید جریان) با توجه به شرایط منطقه از نظر زبری زمین، به صورت زیر تعیین می‌شود:

الف) در مناطق شهری: سرعت جریان طراحی برابر حداکثر سرعت جریان حاصل از شبیه‌سازی عددی ویژه ساختگاه و ۰/۹ سرعت جریان حاصل از تحلیل شیب خط انرژی خواهد بود.

ب) در سایر مناطق (از نظر زبری زمین): سرعت جریان طراحی برابر حداکثر سرعت جریان حاصل از شبیه‌سازی عددی ویژه ساختگاه و ۰/۷۵ سرعت جریان حاصل از تحلیل شیب خط انرژی خواهد بود.

۲-۲- محاسبه کمیت‌های طراحی سونامی بر مبنای بالاروی

جهت محاسبه کمیت‌های طراحی سونامی بر مبنای بالاروی، باید روش تحلیل شیب خط انرژی طبق بند ۲-۲-۱ به کار برده شود؛ اما سرعت جریان محاسبه شده از تحلیل شیب خط انرژی نباید کمتر از ۳ متر بر ثانیه، و بیشتر از مقدار حداقل $1/5(gh_{max})^{1/2}$ و ۱۵ متر بر ثانیه اختیار گردد.

در صورتی که حداکثر تراز زمین در طول نیمرخ توپوگرافی میان خط ساحل و محدوده آبگرفتگی از تراز بالاروی بیشتر باشد، برای محاسبه کمیت‌های طراحی سونامی باید یکی از شیوه‌های زیر به کار برده شود:

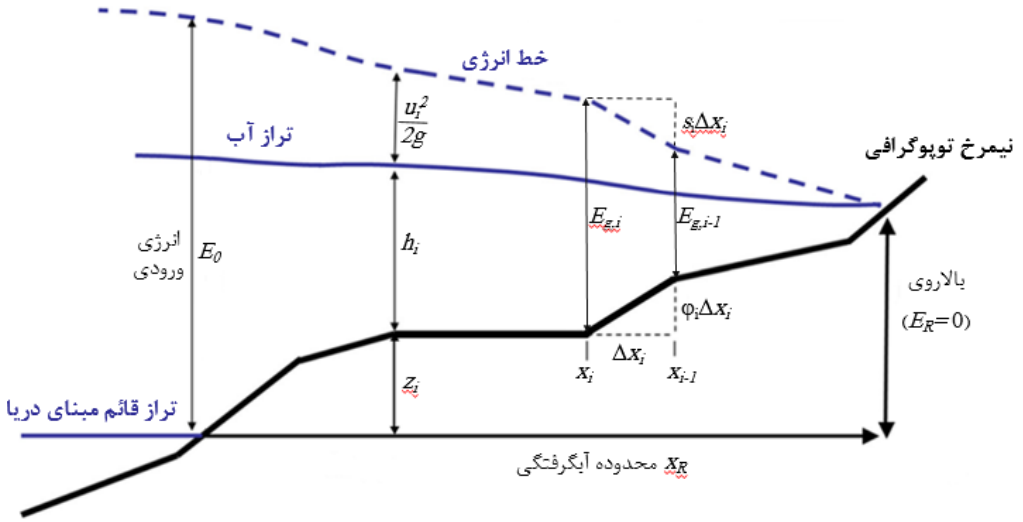
۱- عمق آبگرفتگی و سرعت‌های جریان در محل موردنظر از طریق شبیه‌سازی عددی ویژه ساختگاه (مطابق بند ۲-۳) و با لحاظ محدوده‌های فوق در خصوص سرعت‌های محاسبه شده تعیین گردد.

۲- عمق آبگرفتگی و سرعت‌های جریان در محل موردنظر از طریق تحلیل شیب خط انرژی مطابق بند ۲-۲-۱ و با فرض تراز بالاروی (و محدوده آبگرفتگی متناظر آن) معادل حداکثر تراز زمین در طول نیمرخ توپوگرافی تعیین گردد.

omoorepeyman.ir

۲-۲-۱- تحلیل شیب خط انرژی در رابطه با عمق آبگرفتگی و سرعت جریان

در روش تحلیل شیب خط انرژی، مقادیر حداکثر عمق آبگرفتگی و سرعت جریان در طول نیمرخ توپوگرافی محدوده آبگرفتگی محاسبه می‌گردد. برای این منظور باید تراز بستر در امتداد مقطع عرضی (z_i) به صورت بازه‌هایی با شیب ثابت ساده‌سازی گردد (شکل ۲-۱) که هر بازه متناسب با وضعیت زبری زمین، دارای مقدار ضریب مانینگ مختص خود می‌باشد.



شکل ۲-۱: کمیت‌های مربوطه در روش تحلیل شیب خط انرژی

تحلیل شیب خط انرژی مطابق رابطه (۲-۱)، در هر بازه از نیمرخ توپوگرافی و به صورت گام به گام صورت می‌پذیرد.

$$E_{g,i} = E_{g,i-1} + (\varphi_i + s_i)\Delta x_i \qquad (۱-۲)$$

که در آن:

$E_{g,i}$: بار آبی در نقطه i؛ برابر $h_i + \frac{u_i^2}{2g} = h_i(1 + 0.5F_{ri}^2)$

h_i: عمق آبگرفتگی در نقطه i

u_i: حداکثر سرعت جریان در نقطه i

φ_i: شیب میانگین بستر بین نقاط i و i-1

F_{ri}: عدد فرود برابر $u/(gh)^{1/2}$ در نقطه i

Δx_i: طول افقی بازه برابر $x_{i-1} - x_i$ (نباید بیش از ۳۰ متر اختیار گردد)

x_i: فاصله افقی نقطه i واقع در خشکی تا خط ساحل

s_i: شیب خط انرژی بین نقاط i و i-1 که به کمک رابطه (۲-۲) محاسبه می‌گردد.

omoorepeyman.ir

$$S_i = (u_i)^2/((1/n)^2 h_i^{4/3}) = gF_{ri}^2/((1/n)^2 h_i^{1/3}) \quad (۲-۲)$$

که در آن:

n: ضریب مانینگ هر بازه (بر اساس جدول (۲-۱))

E_R: بار آبی برابر با مقدار صفر در نقطه نهایی بالاروی

نقطه آغازین اعمال رابطه (۲-۱) نقطه نهایی بالاروی است؛ یعنی محل نمایانگر حدود آبگرفتگی، x_R ، که بار آبی در آن نقطه برابر صفر و تراز آب برابر مقدار بالاروی سونامی می‌باشد. با حرکت به سمت خط ساحل، تغییر بار آبی در هر بازه تا رسیدن به محل مورد نظر، محاسبه می‌گردد. بدین ترتیب با تخمین مقدار عدد فرود در هر نقطه مطابق رابطه (۲-۳)، عمق آبگرفتگی و به تبع آن سرعت جریان حاصل می‌گردد.

$$F_r = \alpha(1 - x/x_R)^{0.5} \quad (۲-۳)$$

مقدار ضریب عدد فرود، α، باید برابر ۱ اختیار گردد. در صورتی که طبق شرایط بند ۲-۲-۳ در نظر گرفتن خیزاب سونامی الزامی باشد، باید شرایط بندهای ۴-۳-۲-۳ و ۴-۳-۳-۳ از طریق فرض مقدار α برابر ۱/۳ در برآورد مقادیر h_e و $(h_e u^2)_{bore}$ لحاظ گردد. ضمناً با توجه تغییرات احتمالی جهت پیشروی موج سونامی در خشکی، ضروری است انحراف جهت اصلی جریان ورودی نسبت به خط عمود بر ساحل مطابق بند ۳-۷ در نظر گرفته شده و تحلیل شیب خط انرژی برای هر جهت و متناسب با تغییر جهت‌گیری نیمرخ توپوگرافی صورت پذیرد.

۲- ۲- ۲- زبری زمین

در بررسی آبگرفتگی سونامی، فرض شرایط زمین خالی (عاری از عوارض و پوشش گیاهی) و اعمال زبری معادل به صورت کلی، مجاز می‌باشد. برای این منظور زبری زمین باید با استفاده از ضریب مانینگ، n، معادل‌سازی گردد که مقدار متناسب این ضریب می‌تواند با استفاده از مقادیر ارائه شده در جدول (۲-۱) و یا سایر مقادیر حاصل از ارزیابی‌های زبری زمین در مطالعات معتبر و مقادیر صحت‌سنجی شده برای مدل آبگرفتگی تعیین گردد.

جدول ۲-۱: ضریب مانینگ (n) در تحلیل شیب خط انرژی

شرایط زبری سطح زمین	ضریب مانینگ (n)
بستر دریا در ناحیه نزدیک ساحل	۰/۰۲۵ تا ۰/۰۳
زمین باز و خالی	۰/۰۲۵
سایر موارد	۰/۰۳
وجود ساختمان‌هایی با حداقل تراکم شهری	۰/۰۴

omoorepeyman.ir

۲- ۲- ۳- خیزاب سونامی

در صورت برقراری هر یک از شرایط زیر، خیزاب سونامی باید در نظر گرفته شود:

۱- شیب غالب توپوگرافی در مجاورت ساحل برابر ۱/۱۰۰ یا کمتر باشد.
۲- آبسنگ‌های حاشیه‌ای کم‌عمق یا ناپیوستگی‌های مشابه مقطعی در شیب توپوگرافی نزدیک ساحل موجود باشد.
۳- شواهد تاریخی مطالعات معتبر پیشین یا ارزیابی‌های آبگرفتگی خاص منطقه از وقوع خیزاب سونامی حکایت نماید.

در صورت در نظر گرفتن خیزاب سونامی، اعمال شرایط تعیین شده طبق بندهای ۴-۳-۲-۳ و ۴-۳-۳-۳ الزامی است.

۲- ۲- ۴- برآورد بالاروی بر مبنای دامنه دور از ساحل سونامی

در مواردی که نقشه‌های آبگرفتگی در دسترس نبوده و محدوده آبگرفتگی و تراز بالاروی حداکثر سونامی موردنظر در منطقه مشخص نمی‌باشد، تعیین تراز بالاروی سونامی، R، براساس دامنه دور از ساحل سونامی، H_T، با استفاده از کمیت تشابه شکست، ξ_{100}، طبق رابطه (۲-۵) و نمودار شکل (۲-۲) مجاز است. برای این منظور کمیت تشابه شکست، ξ_{100} ، باید از رابطه (۲-۴) محاسبه گردد.

$$\xi_{100} = \frac{T_{\mathrm{TSU}}}{\cot\Phi}\sqrt{\frac{g}{2\pi H_T}} \qquad (۴-۲)$$

که در آن:

Φ: زاویه میانگین شیب نیمرخ نزدیک ساحل حد فاصل عمق ۱۰۰ متری و تراز میانگین مد (MHWL)

H_T: دامنه دور از ساحل سونامی

T_{TSU}: دوره تناوب موج سونامی در عمق ۱۰۰ متری

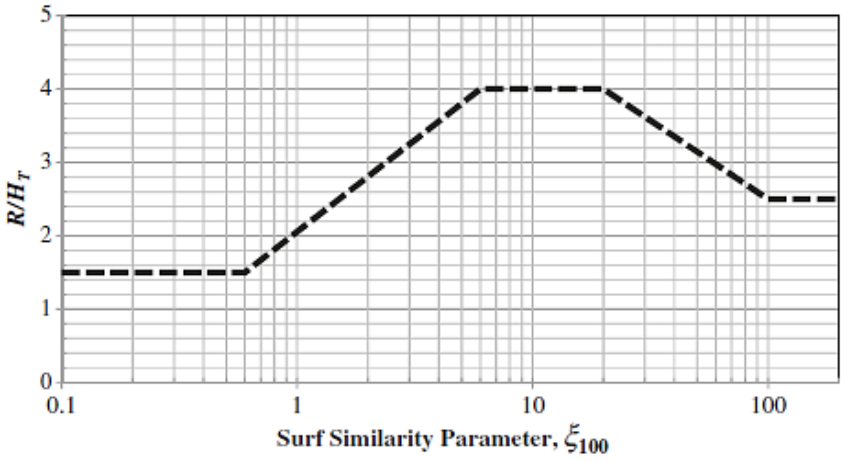
$$\frac{R}{H_T} = \begin{cases} 1.5 & : \quad \xi_{100} \le 0.6 \\ 2.5\left[\log_{10}(\xi_{100})\right] + 2.05 & : \quad 0.6 < \xi_{100} \le 6 \\ 4.0 & : \quad 6 < \xi_{100} \le 20 \\ -2.15\left[\log_{10}(\xi_{100})\right] + 6.80 & : \quad 20 < \xi_{100} \le 100 \\ 2.5 & : \quad \xi_{100} > 100 \end{cases} \qquad (۵-۲)$$

۲- ۳- تعیین کمیت‌های طراحی سونامی از طریق شبیه‌سازی عددی ویژه ساختگاه

در موارد ضروری (مطابق بند ۲-۱)، عمق آبگرفتگی و سرعت جریان طراحی باید از طریق شبیه‌سازی عددی ویژه ساختگاه براساس الزامات این بند تعیین شوند. برای این منظور به طور کلی نیاز است تا یک مدل جامع شبیه‌سازی تولید،

omoorepeyman.ir

انتشار و آبگرفتگی امواج سونامی به کار برده شود؛ اما در صورتی‌که مقادیر دامنه دور از ساحل سونامی و دوره تناوب موج غالب حداکثر سونامی موردنظر مشخص باشند، می‌توان با حذف مراحل تولید و انتشار مستقیماً به شبیه‌سازی آبگرفتگی سونامی پرداخت. در این موارد سری زمانی موج سونامی باید مطابق شیوه بند ۲-۳-۱- بازسازی شده و به عنوان ورودی به مدل آبگرفتگی معرفی گردد.



شکل ۲-۲: نمودار تغییرات نسبت بالاروی به دامنه دور از ساحل سونامی (R/H_T) در برابر کمیت تشابه شکست (ξ_{100})

۲-۳-۱- بازسازی سری زمانی موج سونامی

سری زمانی موج سونامی در موقعیت مرز دور از ساحل سونامی (عمق ۱۰۰ متری)، مطابق رابطه (۲-۶) و نمودار شکل (۲-۳) بازسازی می‌شود:

$$\eta = a_1 e^{-[\omega(t-t_0]^2} + a_2 e^{-\left[\omega\left(t-\frac{T_{TSU}}{2}-t_0\right]\right.^2} \qquad (۲-۶)$$

که در آن:

η: تراز سطح آزاد تابع زمان

t: شرایط مرزی دور از ساحل در عمق ۱۰۰ متری

a_1: دامنه موج پیشرو (موج اولیه) سونامی برابر با $1H_T$

a_2: دامنه موج متعاقب (موج ثانویه) سونامی (در محدوده میان $-0/5H_T$ تا $-1H_T$)

H_T: دامنه دور از ساحل سونامی

T_{TSU}: دوره تناوب موج سونامی در عمق ۱۰۰ متری (فاصله زمانی میان آغاز موج نخست سونامی تا پایان موج دوم)

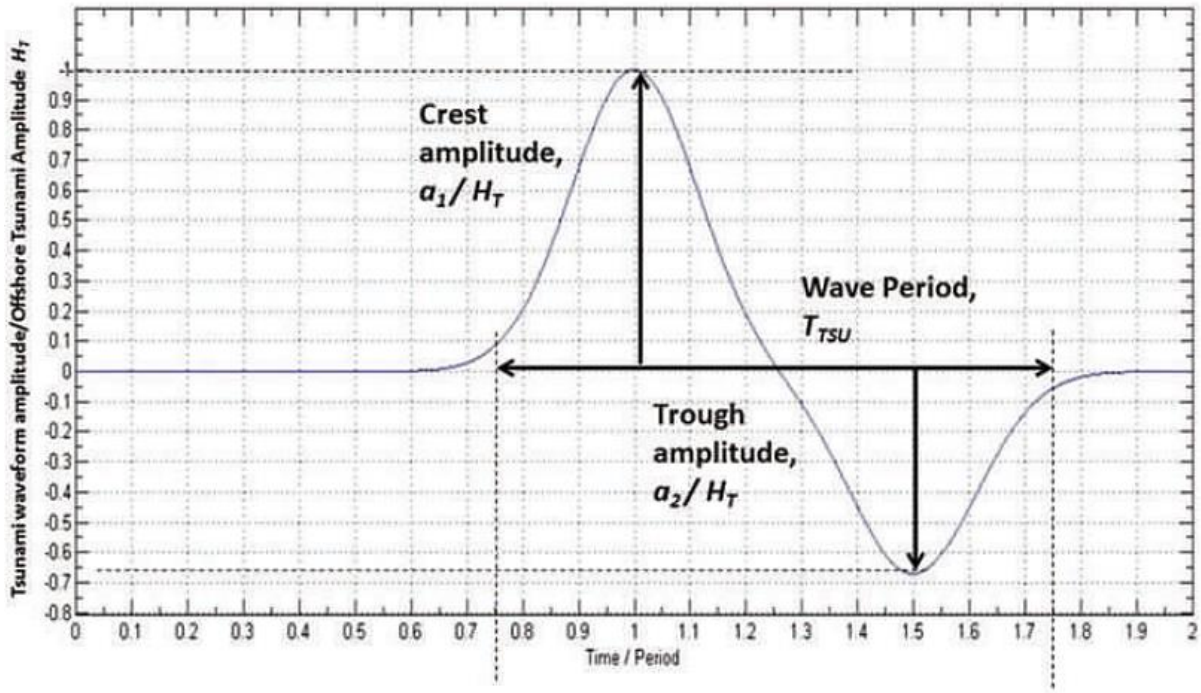
ω: فرکانس زاویه‌ای سری زمانی برابر با $2\pi/T_{TSU}$

t_0: زمان انتقال دنباله موج (معمولاً برابر مقدار T_{TSU} در نظر گرفته می‌شود)

omoorepeyman.ir

در ایجاد سری زمانی موج سونامی توسط رابطه (۲-۶)، باید امکان ظهور موج پیشتاز سونامی به صورت موج مثبت یا موج منفی در نظر گرفته شود؛ برای این منظور در مواقعی که سونامی نخست سبب کاهش تراز سطح دریا می‌شود (موج پیشتاز منفی)، دامنه a_2 (مربوط به حضیض موج) پیش از دامنه a_1 (مربوط به تاج موج) در رابطه (۲-۶) قرار خواهد گرفت. ضمناً ایجاد حداقل دو سری زمانی موج سونامی، مطابق با مقدار حداکثر و حداقل a_2، جهت معرفی و اعمال در مدل عددی آبگرفتگی، ضروری است.

در صورتی‌که مقدار دوره تناوب موج غالب حداکثر سونامی مورد انتظار مشخص نباشد، مقدار بین ۲۰ الی ۴۰ دقیقه باید برای آن در نظر گرفته شود.



شکل ۲-۳: نمایش کمیت‌های سری زمانی موج سونامی

۲-۳-۲- چشمه‌های ایجاد سونامی

جهت تعیین کمیت‌های طراحی سونامی از طریق شبیه‌سازی عددی ویژه ساختگاه باید موارد ذیل، به میزانی که خطر احتمالی آن‌ها در مطالعات منتشر شده موجود ثبت شده باشد، به عنوان چشمه ایجاد سونامی در نظر گرفته شوند:

omoorepeyman.ir

۱- نواحی فرورانش محلی یا دوردست؛ ناحیه فرورانش مکران که تنها ناحیه دارای پتانسیل ایجاد سونامی در سواحل کشور محسوب می‌گردد، به عنوان ناحیه لرزه‌ای اصلی این دسته از چشمه ایجاد سونامی باید در نظر گرفته شود (مطابق پیوست ب)

۲- گسل‌های لرزه‌ای (نواحی غیر فرورانش) محلی قادر به ایجاد بزرگی گشتاوری ۷ و بیشتر، شامل گسل‌های دور از ساحل و زیردریا با پتانسیل ایجاد سونامی

۳- زمین‌لغزش‌های محلی یا دوردستی که براساس شواهد تاریخی و یا احتمالات موجود، در مطالعات منتشر به عنوان چشمه دارای پتانسیل ایجاد سونامی ثبت شده باشند.

۲- ۳- ۳- الزامات شبیه‌سازی تولید سونامی

شبیه‌سازی تولید موج سونامی باید براساس محاسبه جابه‌جایی قائم ناشی از دریالرزه مطابق با توزیع میزان لغزش در سطح گسیختگی زلزله حین رخداد سونامی صورت پذیرد.

جهت برآورد تغییرات قائم بستر دریا، تغییرشکل سطح زمین باید براساس کمیت‌های چشمه لرزه‌ای و با استفاده از یک مدل گسل مسطح تعیین گردد.

تجزیه سطح گسل به مجموعه‌ای از المان‌های مستطیلی (گسل‌های تکه‌ای) مجزا، مطابق با موقعیت و جهت گسیختگی زمین، مجاز است. هر یک از بخش‌های گسل، که می‌تواند کمیت‌های تکتونیکی مخصوص به خود را دارا باشند، متناسب با توزیع لغزش در ایجاد موج سونامی مشارکت می‌نمایند.

۲- ۳- ۴- ملاحظه عدم قطعیت‌های طبیعی

به منظور در نظر گرفتن عدم قطعیت‌های ناشی از طبیعت تصادفی وقوع زمین‌لرزه‌ها و نقص در اطلاعات مربوط به کمیت‌های تکتونیکی، باید تحلیل احتمالاتی با رویکرد درخت منطق صورت پذیرد. برای این منظور باید پس از گردآوری مجموعه زلزله‌های مستعد ایجاد سونامی، احتمال رخداد آن‌ها بر مبنای اطلاعات تکتونیکی، تاریخی، پالئوسونامی و همچنین نرخ تقریبی همگرایی صفحات پوسته زمین تخمین زده شود. سپس با در نظر گرفتن تغییرات بزرگی زلزله، عمق و هندسه گسل، توزیع لغزش و وسعت گسیختگی (مطابق با حداکثر بزرگی زمین‌لرزه) و همچنین تغییرات ترازهای جزر و مدی (با لحاظ تراز مبنای سطح دریا به عنوان تراز حداقل) احتمال‌های رخداد به صورت جزئی توزیع گردد.

هنگام محاسبه موج طولانی مدت سونامی که چندین قله در سری زمانی سطح آزاد سونامی را در بر می‌گیرد، لحاظ نوسانات جزر و مدی با انتخاب یک تراز جزر و مدی معقول به صورت مستقل از توزیع احتمالاتی ترازهای جزر و مدی مجاز است.

omoorepeyman.ir

۲- ۳- ۵- الزامات شبیه‌سازی انتشار سونامی

شبیه‌سازی عددی علاوه‌بر این‌که به طور جامع و یکپارچه و با هدف برآورد مستقیم بالاروی و آبگرفتگی انجام می‌گیرد، می‌تواند به صورت مرحله‌ای (تا آستانه آغاز آبگرفتگی سونامی) جهت برآورد دامنه دور از ساحل سونامی و دوره تناوب موج غالب صورت پذیرد. در هر دو حالت جهت محاسبه صحیح انتشار امواج سونامی، نکات زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

۱- جهت پوشش محدوده محاسباتی، از محل منشاءِ سونامی تا منطقه ساحلی موردنظر، باید یک مدل رقومی ارتفاعی برگرفته از منابع اطلاعاتی جهانی، منطقه‌ای و ساحلی به کار برده شود. حداکثر فاصله مجاز نقاط محاسباتی مدل رقومی ارتفاعی در محدوده اقیانوسی ۷۰۰۰ متر و در محدوده دور از ساحل (شامل اعماق بیشتر از ۲۰۰ متر) ۱۰۰۰ متر می‌باشد.

۲- پس از محاسبه سطح آزاد اولیه دریا (پس از رخداد زمین‌لرزه) براساس ترکیب وزنی امواج ناشی از هر بخش گسل مطابق با توزیع لغزش، باید معادلات خطی امواج بلند (معادلات آب کم‌عمق)، جهت شبیه‌سازی انتشار سونامی در آب عمیق و ملاحظه تغییرات مکانی اعماق دریا به کار گرفته شود.

۳- دامنه دور از ساحل سونامی و سایر کمیت‌های همراه موج (نظیر دوره تناوب موج غالب) باید برای حداکثر سونامی موردنظر با دوره بازگشت ۲۴۷۵ ساله و با در نظر گرفتن عدم قطعیت‌های طبیعی بند ۲-۳-۴ تعیین گردد.

۲- ۳- ۶- الزامات شبیه‌سازی آبگرفتگی سونامی

جهت برآورد مستقیم بالاروی و آبگرفتگی سونامی ناشی از چشمه مشخص گردیده در بند ۲-۳-۲ و با لحاظ عدم قطعیت‌های طبیعی بند ۲-۳-۴، نکات زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

۱- جهت برآورد کمیت‌های طراحی شامل حداکثر بالاروی، عمق آبگرفتگی، سرعت جریان و شار حرکت، هر یک از سناریوهای مجزای رخداد سونامی باید تحلیل و بررسی گردد.

۲- در پهنه‌بندی آبگرفتگی، فرض شرایط زمین خالی (عاری از عوارض و پوشش گیاهی) با اعمال زبری معادل (به صورت کلی) مجاز بوده و زبری زمین باید با استفاده از ضریب مانینگ (n) معادل‌سازی گردد. مقدار پیش فرض این ضریب در بستر اقیانوس و خشکی به ترتیب ۰/۰۲۵ یا ۰/۰۳۰ می‌باشد؛ اما سایر مقادیر برگرفته از ارزیابی‌های زبری زمین در مطالعات معتبر و یا مقادیر صحت‌سنجی شده برای مدل آبگرفتگی (بر پایه اطلاعات میدانی سونامی‌های پیشین) می‌توانند به کار برده شوند. در این صورت جهت تعیین مقدار ضریب مانینگ باید اثرات کاهش زبری در اثر ویژگی‌های مخرب جریان سونامی ملاحظه گردد.

omoorepeyman.ir

۳- به منظور شبیه‌سازی انتشار موج دور از ساحل سونامی (در عمق ۱۰۰ متری) به سمت ساحل و تا انتهای محدوده آبگرفتگی، باید معادلات غیرخطی آب کم‌عمق (و یا تکنیک‌های شبیه‌سازی معادل) به کار برده شوند. ضمن اینکه اثرات موارد ذیل باید تا حد قابل اعمال در مدل رقومی ارتفاعی هیدروگرافی ملاحظه گردد:

- خزش، پیچش[۱] و تفرق[۲] (در تعیین دامنه نزدیک ساحل سونامی)
- پراکندگی[۳] در موارد مربوط به چشمه‌های ایجادکننده امواج سونامی با طول موج کوتاه، همچون زمین‌لغزش‌ها یا چشمه‌های آتشفشانی
- امواج بازتابیده[۴]
- نفوذ در خلیج‌ها
- امواج لبه‌ای[۵] و تشدید در خلیج‌ها
- شکل‌گیری و انتشار خیزاب سونامی
- موج شکن‌های بنادر

۴- حداکثر فاصله مجاز نقاط محاسباتی مدل رقومی ارتفاعی در محدوده نزدیک ساحل (شامل اعماق کمتر از ۲۰۰ متر) ۹۰ متر می‌باشد؛ و در محدوده اعماق کمتر از ۱۰ متر و خشکی، باید کمترین فاصله نقاط محاسباتی براساس دقیق‌ترین منابع اطلاعاتی موجود اعمال گردد. ضمناً در صورت به کارگیری مجموعه شبکه‌های تو در تو، نسبت فواصل نقاط محاسباتی در شبکه‌های متوالی نباید از ۵ بیشتر باشد.

۵- به منظور اطمینان از صحت محاسبات مدل آبگرفتگی، باید نتایج شبیه‌سازی یک سناریو با اطلاعات ثبت شده سونامی‌های پیشین و یا اطلاعات موارد نمونه‌ای تعریف شده مقایسه و صحت‌سنجی گردد.

۲- ۴- تشدید سرعت‌های جریان

حضور ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها در ساحل می‌تواند با ایجاد ممانعت و تفرق در مسیر جریان سونامی، میدان جریان پایین دست را دستخوش تغییر نماید. بنابراین، در صورت برقراری شرایط زیر در خصوص ساختمان‌ها و سازه‌های واقع در بالادست جریان سونامی، ضروری است اثر آن‌ها بر سرعت جریان پایین دست در ساختگاه مورد نظر ملاحظه گردد:

---

[۱] Refraction

[۲] Diffraction

[۳] Dispersion

[۴] Reflected waves

[۵] Edge waves

omoorepeyman.ir

۱- ساختمان‌ها و سازه‌های بالادست از جنس سازه‌های محصور بتنی، فولادی و بنایی بوده و در محدوده ۱۵۰ متری ساختگاه موردنظر واقع شده باشند؛

۲- عرض ساختمان‌ها و سازه‌های بالادست در پلان بیش از مقدار حداکثر ۳۰ متر و ۵۰ درصد عرض سازه پایین‌دست باشد؛

۳- ساختمان‌ها و سازه‌های بالادست در محدوده بین زاویه ۱۰ تا ۵۵ درجه در هر سمت از امتداد بردار جریان عبوری از مرکز عرض ساختمان پایین دست قرار گرفته باشند.

به منظور در نظر گرفتن تغییرات سرعت جریان به دلیل اثرات حضور ساختمان‌ها و سازه‌ها در بالادست جریان سونامی، هر یک از شیوه‌های زیر می‌تواند به کار برده شود:

۱- در تعیین ضریب زبری مانینگ جهت محاسبه مقادیر کمیت‌های طراحی سونامی از طریق شبیه‌سازی عددی ویژه ساختگاه یا تحلیل شیب خط انرژی، حضور و تراکم ساختمان‌های موجود ملاحظه گردد (مطابق جدول ۲-۱).

۲- فاصله نقاط محاسباتی مدل رقومی ارتفاعی مدل آبگرفتگی در رویکرد شبیه‌سازی عددی ویژه ساختگاه، کمتر از ۳ متر اختیار گردد.

۳- مدل‌سازی فیزیکی مطابق الزامات بند ۳-۹ صورت پذیرد.

مطابق شیوه‌های فوق سرعت‌های جریان تعیین شده برای یک منطقه باز و بدون عارضه تشدید می‌گردد.

۴- در صورت کاهش سرعت جریان مطابق اثرات حضور ساختمان‌ها و سازه‌ها در بالادست جریان سونامی، اعمال کاهش سرعت صرفاً در صورت ملاحظه الزامات متقابل مطابق بند ۶-۲ مجاز خواهد بود.

۵- در صورت برآورد کمیت‌های طراحی سونامی از طریق تحلیل شیب خط انرژی، نیاز نیست سرعت‌های تشدید یافته بر اساس اثرات حضور ساختمان‌ها و سازه‌ها در بالادست جریان سونامی، بیشتر از مقدار حداکثر مشخص شده در بند ۲-۲ اختیار گردند.

omoorepeyman.ir

فصل ۳

الزامات سازه‌ای

omoorepeyman.ir

۳-۱- سطوح عملکرد سازه‌ای

سطح عملکرد سازه‌ای مورد انتظار سیستم باربر، اعضا و شالوده ساختمان‌ها و سازه‌های مشمول این راهنما باید براساس گروه‌بندی آن‌ها از لحاظ ریسک سونامی، طبق جدول (۱-۱)، و مطابق بند ۳-۱-۱ و ۳-۱-۲ تعیین گردد.

پس از مشخص شدن سطح عملکرد سازه‌ای که بیانگر میزان آسیب‌پذیری مجاز است، ساختمان یا سازه مورد نظر تحت حالت‌های بارگذاری و ترکیب بار مختلف سونامی (طبق بندهای ۳-۲ و ۳-۳) و براساس معیارهای پذیرش سازه‌ای (طبق بند ۳-۴) ارزیابی و طراحی می‌شوند.

۳-۱-۱- ساختمان‌ها و سازه‌های نوع ۲ و ۳ از لحاظ ریسک سونامی

اجزای سازه‌ای، اتصالات و شالوده‌های ساختمان‌ها و سازه‌های نوع ۲ و ۳ از لحاظ ریسک سونامی باید حداقل مطابق "سطح عملکرد سازه‌ای اجتناب از واژگونی" در برابر سونامی طرح طراحی شوند.

۳-۱-۲- ساختمان‌ها و سازه‌های نوع ۴ از لحاظ ریسک سونامی

ساختمان‌ها و سازه‌های نوع ۴ از لحاظ ریسک سونامی که در محدوده ناحیه طرح سونامی واقع شده‌اند، باید مطابق الزامات زیر طراحی شوند:

۱- اجزای غیرسازه‌ای و تجهیزاتی که به منظور حفظ عملکرد اساسی ساختمان مورد نیاز هستند، باید بالاتر از تراز آبگرفتگی مربوط به حداکثر سونامی موردنظر قرار گیرند. همچنین در طبقه نگهدارنده اجزا و تجهیزات مذکور، تراز قسمت زیرین پایین‌ترین عضو سازه‌ای افقی نیز باید بالاتر از تراز آبگرفتگی یاد شده باشد.

۲- اجزای سازه‌ای و اتصالات طبقات قابل سکونت و بهره‌برداری و همچنین شالوده‌ها باید جهت تأمین "سطح عملکرد سازه‌ای خدمت‌رسانی بی‌وقفه" طراحی شوند. طبقات بالاتر از تراز آبگرفتگی مربوط به حداکثر سونامی موردنظر، می‌توانند به عنوان طبقات مجاز به سکونت و بهره‌برداری در نظر گرفته شوند. در طراحی اجزای سازه‌ای و اتصالات طبقاتی که تحت اثر سونامی طرح دچار آبگرفتگی می‌شوند، تأمین "سطح عملکرد سازه‌ای ایمنی جانی" الزامی است.

۳- طراحی پناهگاه‌های قائم سونامی براساس "سطح عملکرد سازه‌ای خدمت‌رسانی بی‌وقفه" و ضوابط فصل ششم خواهد بود.

۳-۲- حالت‌های بارگذاری سونامی

به دلیل وابستگی نیروی غوطه‌وری به مقدار عمق آب در داخل ساختمان و همچنین عدم ظهور همزمان عمق آبگرفتگی و سرعت جریان حداکثر در محل سازه، سه حالت بارگذاری زیر به منظور ملاحظه اثرات آبگرفتگی سونامی باید در نظر

omoorepeyman.ir

گرفته شود:

حالت بارگذاری ۳-۲-۱: این حالت به منظور ملاحظه شرایط حداقل ترکیب اثرات نیروی هیدرودینامیکی با نیروی شناوری و با توجه به عمق آب در داخل ساختمان که مطابق بند ۴-۲-۱ ارزیابی می‌شود، تعریف شده و در صورتی که عمق آبگرفتگی خارجی از عمق آبگرفتگی حداکثر و مقدار حداقل "ارتفاع یک طبقه" و "ارتفاع بالای پنجره طبقه اول" کمتر باشد، در نظر گرفته می‌شود.

حالت بارگذاری ۳-۲-۲: در سازه‌های باز و همچنین سازه‌هایی که شرایط خاک یا شالوده و طراحی‌های سازه‌ای به گونه‌ای است که از شکل‌گیری فشار هیدرواستاتیکی مخرب در سطح زیرین شالوده یا پایین‌ترین کف سازه‌ای جلوگیری می‌کند، اعمال حالت بارگذاری ۱ مورد نیاز نیست.

حالت بارگذاری ۳-۲-۳: در این حالت سرعت جریان (و شار حرکت) حداکثر در جهت جریان ورودی یا بازگشتی سونامی در نظر گرفته شده و مقدار عمق آبگرفتگی، معادل ۲/۳ عمق آبگرفتگی حداکثر فرض می‌شود.

حالت بارگذاری ۳-۲-۴: در این حالت عمق آبگرفتگی حداکثر در نظر گرفته شده و مقدار سرعت جریان در جهت جریان ورودی یا بازگشتی سونامی، معادل ۱/۳ سرعت جریان حداکثر فرض می‌شود.

۳- ۳- حالت‌های ترکیب بار

نیروها و اثرات اصلی سونامی باید با سایر بارهای مشخص شده مطابق روابط (۳-۱) و (۳-۲) ترکیب شوند:

$$0.9D + F_{\mathrm{TSU}} + H_{\mathrm{TSU}} \qquad (۳-۱)$$

$$1.2D + F_{\mathrm{TSU}} + 0.5L + 0.2S + H_{\mathrm{TSU}} \qquad (۳-۲)$$

که در آن:

F_{TSU}: اثرات بار سونامی در جهات جریان ورودی یا بازگشتی سونامی

H_{TSU}: بار ناشی از فشارهای جانبی اعمالی بر شالوده که بر اثر سونامی در شرایط مستغرق ایجاد می‌شود. در حالتی که اثر خالص H_{Tsu} در جهت مخالف اثر بار اصلی سونامی باشد، ضریب کاهشی برابر با ۰/۹ برای H_{Tsu} در نظر گرفته می‌شود.

D: بار مرده

L: بار زنده

S: بار برف

omoorepeyman.ir

۳- ۴- معیارهای پذیرش سازه‌ای

اعضای سازه‌ای باید در برابر نیروهای ناشی از ترکیب نیروهای سراسری سونامی (اعمالی بر سیستم سازه‌ای) و تلاش‌های ناشی از فشار موضعی جریان سونامی بر روی هر یک از اعضای سازه‌ای (در همان جهت جریان) طراحی شوند. برای این منظور، نیروهای داخلی و تغییر مکان‌های سیستم باید با استفاده از تحلیل استاتیکی خطی محاسبه شوند. به طور کلی در صورتی‌که مقاومت طراحی اعضای سازه‌ای و اتصالات، از بارها و اثرات ناشی از حداکثر سونامی موردنظر، مطابق ترکیب بارهای بند ۴-۲-۳-۳، بیشتر باشد، می‌توان معیارهای سطوح عملکرد سازه‌ای مورد نیاز مطابق بند ۳-۱ را کنترل شده تلقی نمود. در این وضعیت ضریب مقاومت مصالح، ϕ ، برای عضو و رفتار تحت بررسی مطابق مقادیر تعیین شده در مباحث ۸، ۹ و ۱۰ مقررات ملی ساختمان خواهد بود.

جهت ارزیابی ظرفیت سیستم سازه‌ای در تحمل اثرات نیروی جانبی سونامی طرح مطابق سطح عملکرد سازه‌ای ایمنی جانی، به کارگیری ۷۵ درصد مقادیر متناظر اثرات بار لرزه‌ای افقی طراحی، براساس "آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰)" مجاز است. بار مذکور ضریب اضافه مقاومت سیستم باربر جانبی (Ω_0)، طبق بند ۳-۳-۱۰ استاندارد ۲۸۰۰ (ویرایش چهارم) را شامل می‌شود.

برای کنترل سطح عملکرد خدمت‌رسانی بی‌وقفه، سیستم باربر جانبی باید بطور جداگانه تحلیل و ارزیابی شود.

۳- ۵- حداقل نسبت انسداد جهت برآورد بارهای سونامی

بارهای وارد بر ساختمان باید با فرض حداقل مقدار ۰/۷ برای نسبت انسداد سطوح در معرض آبگرفتگی در سرتاسر پیرامون سازه محاسبه گردد (به جز سازه‌های باز). ضمناً جهت ملاحظه اثرات بار ناشی از تجمع آوار و اجسام شناور موجود در جریان در مقابل یا داخل سازه‌های باز، نسبت انسداد سطوح در معرض آبگرفتگی در سرتاسر پیرامون سازه باید حداقل برابر ۰/۵ اختیار گردد.

۳- ۶- تعداد چرخه‌های بارگذاری جریان سونامی

با توجه به این‌که سونامی‌ها معمولاً با بیش از یک موج در ساحل ظاهر می‌شوند، در طراحی‌ها باید حداقل دو چرخه جریان ورودی و بازگشتی سونامی ملاحظه گردد؛ که چرخه اول مطابق عمق آبگرفتگی معادل ۸۰ درصد عمق آبگرفتگی سونامی طرح و چرخه دوم بر اساس عمق آبگرفتگی سونامی طرح در نظر گرفته می‌شود.

اثرات آبشستگی موضعی ناشی از چرخه اول که مطابق فصل ۵ مشخص می‌گردد، باید به عنوان شرایط اولیه چرخه دوم در نظر گرفته شود.

omoorepeyman.ir

۳- ۷- انحراف جهت جریان سونامی

در طراحی سازه‌ها در برابر بارها و اثرات سونامی باید شرایط جریان ورودی و جریان بازگشتی هر دو مد نظر قرار گیرد. ضمناً با توجه به تغییرات احتمالی جهت پیشروی موج سونامی در خشکی، ضروری است انحراف جهت اصلی جریان ورودی نسبت به خط عمود بر ساحل گذرنده از مرکز هندسی (در پلان) سازه مورد نظر، به اندازه ۲۲/۵ درجه از هر سمت در نظر گرفته شود.

۳-۷-۱: در صورت تعیین مقادیر کمیت‌های طراحی سونامی از طریق شبیه‌سازی عددی ویژه ساختگاه مطابق بند ۲-۳، در نظر گرفتن انحراف جهت جریان تنها به اندازه ۱۰ درجه از هر سمت مجاز است.

۳- ۸- اثرات زمین‌لرزه پیش از سونامی بر شالوده

در صورتی‌که سونامی طرح از رخداد زمین‌لرزه در یک ناحیه فرورانش محلی ناشی می‌گردد، سازه باید در برابر اثرات زلزله پیش از سونامی نیز طراحی گردد. در این موارد شالوده سازه باید براساس ضوابط مندرج در مباحث مقررات ملی ساختمان از جمله مبحث ۶ و ۷ و همچنین "آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰)" در برابر حرکات زمین و شتاب حداکثر زلزله طراحی شود. در طراحی شالوده در برابر سونامی ضروری است تغییراتی که در اثر وقوع زلزله در سطح ساختگاه و مشخصات خاک منطقه حاصل می‌گردد، به عنوان شرایط اولیه ملاحظه گردد. بنابراین گزارش مطالعات ژئوتکنیک ساختگاه باید شامل ارزیابی شالوده با در نظر گرفتن ناپایداری احتمالی شیب‌ها، روانگرایی، نشست کلی و نسبی زمین، جابجایی سطح زمین ناشی از گسلش و گسترش جانبی ناشی از اثرات لرزه‌ای پیش از وقوع سونامی باشد. همچنین سایر الزامات فصل ۵ نیز باید ارزیابی شوند.

۳- ۹- مدلسازی فیزیکی

مدل‌سازی فیزیکی جریان سونامی و بارها و اثرات ناشی از آن می‌تواند به عنوان گزینه جایگزین روش‌های ارائه شده جهت ملاحظات بزرگنمایی سرعت جریان (مطابق بند ۲-۴)، نیروهای هیدرودینامیکی (مطابق بند ۴-۳)، نیروهای ناشی از برخورد آوار شناور (مطابق بند ۴-۴) و طراحی شالوده (مطابق فصل ۵) به کار برده شود. برای این منظور رعایت الزامات زیر در مدلسازی فیزیکی ضروری است:

۱- بازسازی جریان‌ها و اعماق آبگرفتگی حالت‌های بارگذاری سونامی (مطابق بند ۳-۲) در مقیاس مناسب توسط تجهیزات به کار رفته در مدل‌سازی فیزیکی امکان‌پذیر باشد؛

۲- براساس چیدمان و تنظیمات مدل فیزیکی، تأثیرات انعکاس سیال از گوشه‌ها بر محل مدل‌سازی شده در طی انجام آزمایش محدود باشد؛

omoorepeyman.ir

۳- ضرایب مقیاس مدل‌سازی فیزیکی حداقل برابر یا بزرگتر از موارد مندرج در جدول ۳-۱ اختیار گردد؛

۴- اثرات ضربه‌ی ناشی از آوار شناور توسط آزمایش‌های مقیاس شده کاملاً شبیه‌سازی و برآورد گردد؛

۵- صحت بازسازی شرایط بارگذاری و اثرات مقیاس‌سازی متناسب با ملاحظات دینامیکی و سینماتیکی (شامل اثرات پاسخ دینامیکی سازه و مصالح مدل فیزیکی) در گزارش نتایج آزمایش مورد بررسی قرار گیرد؛

۶- نتایج آزمایش با توجه به مقادیر ضرایب اهمیت سونامی و جرم مخصوص سیال مطابق بند ۴-۱ تدقیق گردد؛

۷- اثرات انحراف جهت جریان سونامی، مطابق بند ۳-۷، در نتایج آزمایش مورد ملاحظه قرار گیرد. این امر از طریق انجام آزمایش برای جهات مختلف جریان ورودی و یا به واسطه ترکیب مدل‌سازی‌های عددی و فیزیکی با لحاظ جهت‌گیری جریان در آن‌ها، می‌تواند محقق گردد.

جدول ۳-۱: حداقل ضرایب مقیاس جهت مدلسازی فیزیکی

مورد مدلسازی	ضریب مقیاس
ساختمان‌های منفرد	۱:۲۵
جریان گروه ساختمان‌ها	۱:۲۰۰
اعضای سازه‌ای (همچون دیوارها و ستون‌ها)	۱:۱۰
موضوعات ژئوتکنیکی	۱:۵

omoorepeyman.ir

فصل ۴

نیروهای سونامی

omoorepeyman.ir

۴- ۱- ضرایب اهمیت سونامی و جرم مخصوص سیال

براساس راهنمای حاضر نیروهای وارده از طرف سونامی بر ساختمان‌ها، به طور کلی در سه دسته نیروهای هیدرواستاتیکی، نیروهای هیدرودینامیکی و نیروهای ناشی از ضربه آوار شناور طبقه‌بندی می‌گردند. نیروهای هیدرواستاتیکی با عمق آبگرفتگی متناسب بوده و مطابق بند ۴-۲ محاسبه می‌گردند. نیروهای هیدرودینامیکی و نیروهای ناشی از ضربه آوار شناور نیز باید به ترتیب مطابق بندهای ۴-۳ و ۴-۴ تعیین گردند.

در برآورد نیروهای سونامی مقادیر جرم مخصوص و وزن مخصوص حداقل سیال با توجه به حضور اجسام معلق و آوار شناور در جریان، مطابق روابط (۴-۱) و (۴-۲) محاسبه می‌شوند. ضمن این‌که در برآورد نیروهای هیدرودینامیکی و نیروهای ناشی از ضربه باید ضریب اهمیت سونامی (I_{tsu})، با توجه به جدول (۴-۱) اعمال گردد.

$$\rho_s = k_s \rho_{sw} \qquad (۱-۴)$$

$$\gamma_s = k_s \gamma_{sw} \qquad (۲-۴)$$

که در آن:

ρ_s: جرم مخصوص حداقل سیال

ρ_{sw}: جرم مخصوص آب دریا برابر با ۱۰۲۵ kg/m^3

γ_s: وزن مخصوص حداقل سیال

γ_{sw}: وزن مخصوص آب دریا برابر با ۱۰ kN/m^3

k_s: ضریب جرم مخصوص سیال برابر با ۱/۱

جدول ۴-۱: ضریب اهمیت سونامی (I_{tsu}) در برآورد نیروهای هیدرودینامیکی و نیروهای ناشی از ضربه آوار شناور

نوع ساختمان و سازه از لحاظ ریسک سونامی	ضریب اهمیت سونامی (I_{tsu})
۲	۱
۳	۱/۲۵
۴	۱/۲۵

۴- ۲- نیروهای هیدرواستاتیکی

۴- ۲- ۱- نیروی شناوری

برای تمامی اعضای سازه‌ای و غیرسازه‌ای که دچار آبگرفتگی شده‌اند، وزن خالص کاهش یافته در اثر شناوری باید مطابق

omoorepeyman.ir

رابطه (۴-۳) ارزیابی گردد.

$$F_v = \gamma_s V_w \quad (۳-۴)$$

که در آن:

F_v: نیروی شناوری

V_w: حجم آب جابه‌جا شده

فضاهای بسته فاقد دیوارهای منفصل سونامی، در صورتی که سطح بازشو آن‌ها کمتر از ۲۵ درصد سطح دیوار خارجی در معرض آبگرفتگی باشد، مشمول لحاظ فشار بالا برنده ناشی از نیروی شناوری خواهند بود.

اثرات هوای محبوس در زیر کف‌ها (شامل دال‌های سازه‌ای کامل) و داخل فضاهای بسته فاقد دیوارهای منفصل سونامی باید در شناوری لحاظ گردد.

در صورتی‌که عمق آبگرفتگی از تراز فوقانی پنجره‌ها بیشتر باشد، می‌توان آن‌ها را به عنوان بازشو در نظر گرفت (جز پنجره‌های طراحی شده در برابر نیروی انفجار یا پرتاب اجسام معلق در هوا در حین طوفان).

جابجایی حجمی اعضای شالوده (جز شالوده‌های عمیق) مشمول محاسبات فشار بالارونده هستند.

۴- ۲- ۲- نیروی هیدرواستاتیکی جانبی نامتوازن

نیروی هیدرواستاتیکی جانبی نامتوازن از اختلاف تراز آب در دو سمت دیوار، مستقل از امتداد آن نسبت به جهت جریان سونامی، ناشی می‌گردد. لذا دیوارهای سازه‌ای در معرض آبگرفتگی در صورت دارا بودن هر یک از شرایط ذیل، باید جهت ایستادگی در برابر نیروی مذکور تحت اثر جریان ورودی حالات بارگذاری ۱ و ۲، مطابق بند ۳-۲ طراحی شوند.

۱- سطح بازشو دیوار کمتر از ۱۰ درصد کل سطح دیوار باشد.

۲- طول دیوار بیشتر از ۹ متر بوده و دیوارهای منفصل سونامی در مجاورت آن نباشد.

۳- دیوار دارای محیط دو یا سه وجهی باشد (صرفنظر از طول دیوار).

نیروی هیدرواستاتیکی جانبی نامتوازن، F_h ، به صورت رابطه (۴-۴) بیان می‌گردد:

$$F_h = \frac{1}{2}\gamma_s b h_{\max}^2 \quad (۴-۴)$$

که در آن:

b: طول دیوار

omoorepeyman.ir

h_{max}: عمق آبگرفتگی حداکثر روی صفحه تراز در محل سازه (در صورتی که جریان از روی دیوار سرریز کند، h_{max} برابر ارتفاع دیوار در نظر گرفته می‌شود.)

۴- ۲- ۳- سربار آب مانده روی کف‌ها و دیوارها

حین فروکش کردن سونامی، احتمال عدم تخلیه و تجمع آب در سطح طبقاتی که دارای اعضای سازه‌ای پیرامونی (همچون دیوار بتنی یا مصالح سنگی) هستند، وجود دارد که این امر می‌تواند یک سربار اضافی بر کف طبقات تحمیل نماید. از آنجا که سربار افزوده شده ممکن است تجاوز از ظرفیت باربری طبقه را موجب گردد، تمامی کف‌های افقی پایین‌تر از تراز آبگرفتگی حداکثر باید برای مجموع بار مرده و فشار سربار آب مانده (p_r) که مطابق رابطه (۴-۵) ارائه می‌گردد، طراحی شوند. همچنین دیوارهای سازه‌ای که ظرفیت انباشته نمودن آب حین فروکش کردن سونامی را دارند، مشمول طراحی در برابر فشار هیدرواستاتیکی آب مانده هستند.

$$p_r = \gamma_s h_r \qquad h_r = h_{max} - h_s \tag{۵-۴}$$

که در آن:

h_r: ارتفاع آب مانده در ساختمان

h_s: ارتفاع بخش فوقانی کف طبقه نسبت به صفحه تراز (نیاز نیست مقدار h_r از ارتفاع بخش پیوسته اعضای سازه‌ای پیرامونی طبقه بیشتر اختیار گردد.)

۴- ۲- ۴- اضافه فشار هیدرواستاتیکی روی شالوده

در خلال آبگرفتگی سونامی، حضور ترازهای متفاوت آب در دو سوی یک دیوار، ساختمان یا سازه امکان‌پذیر است. بنابر این در طراحی‌ها باید اضافه فشار هیدرواستاتیکی وارده بر شالوده در اثر آبگرفتگی سونامی (p_s)، که طبق رابطه (۴-۶) محاسبه می‌گردد، در نظر گرفته شود.

$$p_s = \gamma_s h_{max} \tag{۶-۴}$$

۴- ۳- نیروهای هیدرودینامیکی

سیستم باربر جانبی و تمامی اعضای سازه‌ای پایین‌تر از تراز آبگرفتگی باید در برابر بارهای هیدرودینامیکی تعیین گردیده مطابق بندهای ۴-۳-۱ و ۴-۳-۲ طراحی شوند. تمامی دیوارها و کف‌ها نیز باید برابر بارهای مشخص شده طبق بند

omoorepeyman.ir

۳-۳-۴ مورد طراحی قرار گیرند.

۴- ۳- ۱- فشار جانبی یکنواخت معادل

مطابق بند ۴-۳-۲ نیروهای هیدرودینامیکی جانبی گوناگونی که در اثر آبگرفتگی سونامی بر سیستم باربر جانبی، اعضای سازه‌ای و یا دیوارهای ساختمان وارد می‌گردند، باید در نظر گرفته شوند. ضمن اینکه ملاحظه نیروهای هیدرواستاتیکی جانبی اعمالی بر دیوارهای سازه‌ای مطابق بندهای ۴-۲-۲ و ۴-۲-۳ ضروری است. لیکن براساس بند حاضر در نظر گرفتن و اعمال فشار یکنواخت معادل (p_{uw}) که مطابق رابطه (۴-۷) تعیین می‌گردد، به عنوان جایگزین ترکیب‌های گوناگون بارهای هیدرواستاتیکی و هیدرودینامیکی جانبی مجاز است (رویکرد محافظه‌کارانه).

$$p_{uw} = 1.25 I_{\text{tsu}} \gamma_s h_{\max} \qquad (۴-۷)$$

فشار یکنواخت معادل، برای هر دو جریان ورودی و بازگشتی سونامی، در سراسر عرض ساختمان و در ارتفاعی معادل ۱/۳ برابر عمق آبگرفتگی حداکثر در محل سازه ($h_{\max}$)، اعمال می‌گردد. بنابر این علاوه بر سیستم باربر جانبی ساختمان، تمامی اعضای سازه‌ای زیرین تراز مذکور باید در برابر فشار جانبی یکنواخت طراحی شوند.

۴- ۳- ۲- نیروهای هیدرودینامیکی جانبی

۴- ۳- ۲- ۱- نیروی پسای کلی اعمالی بر سیستم باربر جانبی

سیستم باربر جانبی ساختمان باید جهت تحمل نیروی پسای کلی جریان ورودی و بازگشتی سونامی که می‌تواند در ترازهای مختلف به آن اعمال گردد، طراحی گردد. نیروی مذکور مطابق روابط (۴-۸) و (۴-۹) بیان می‌گردد:

$$F_{dx} = \frac{1}{2} \rho_s I_{\text{tsu}} C_d C_{cx} B (hu^2) \qquad (۴-۸)$$

$$C_{cx} = \frac{\sum (A_{\text{col}} + A_{\text{wall}}) + 1.5 A_{\text{beam}}}{B h_{sx}} \qquad (۴-۹)$$

که در آن:

F_{dx}: نیروی پسا اعمالی بر ساختمان یا سازه در تراز مورد نظر (h)

C_d: ضریب پسا ساختمان بر اساس جدول (۴-۲)

C_{cx}: ضریب متناسب با نسبت انسداد

B: عرض کلی ساختمان

A_{col}: مساحت تصویر عمودی هر ستون

omoorepeyman.ir

A_{wall}: مساحت تصویر عمودی هر دیوار

A_{beam}: مجموع مساحت تصویر عمودی لبه دال (که در روبروی جریان قرار دارد) و عمیق‌ترین تیر در معرض جریان (به طور جانبی)

h_{sx}: میانگین ارتفاع طبقات زیرین ارتفاع آبگرفتگی سونامی مطابق هر یک از سه حالت بارگذاری (طبق بند ۳-۲)

هرگونه دیوار، اعم از سازه‌ای یا غیر سازه‌ای، در صورتی که از دیوارهای منفصل سونامی محسوب نگردد، باید در محاسبه A_{wall} لحاظ گردد.

مقدار ضریب C_{cx} نباید کمتر از مقدار نسبت انسداد (مطابق بند ۳-۵)، و بیشتر از ۱ اختیار گردد.

جدول ۴-۲: ضریب پسا (C_d) برای سازه‌های دارای هندسه متشکل از خطوط مستقیم (فاقد انحنا)

نسبت عرض به عمق آبگرفتگی* (B/h_{sx})	ضریب پسا (C_d)
<۱۲	۱/۲۵
۱۶	۱/۳
۲۶	۱/۴
۳۶	۱/۵
۶۰	۱/۷۵
۱۰۰	۱/۸
>۱۲۰	۲/۰

*عمق آبگرفتگی برای هر یک از سه حالت بارگذاری مطابق در بند ۳-۲ (برای سایر مقادیر نسبت عرض به عمق آبگرفتگی، ضریب پسا باید براساس درون‌یابی تعیین گردد)

۴- ۳- ۲- ۲- نیروی پسای اعمالی بر اعضای سازه‌ای و دیوارهای خارجی

برای تمامی اعضای سازه‌ای و دیوارهای خارجی واقع در زیر عمق آبگرفتگی، نیروی هیدرودینامیکی جانبی باید در نظر گرفته شود (برای تمامی سه حالت بارگذاری مطابق در بند ۳-۲)؛ این نیرو که مطابق رابطه (۴-۱۰) ارائه می‌شود، در امتداد ارتفاع آبگرفتگی شده اعضا (h_e) اعمال می‌گردد:

$$F_d = \frac{1}{2}\rho_s I_{\text{tsu}} C_d b (h_e u^2) \text{o} \qquad (۴-۱۰)$$

جهت برآورد نیروی پسای اعمالی بر اعضا (F_d) مطابق رابطه فوق، برای اعضای داخلی ضریب پسا (C_d) بر اساس جدول ۴-۲ تعیین گردیده و b عرض عضو (یا دیوار) در جهت عمود بر جریان خواهد بود؛ اما برای اعضای خارجی مقدار ضریب پسا برابر با ۲ بوده و مقدار b از حاصل‌ضرب عرض در مقدار نسبت انسداد (مطابق بند ۳-۵) حاصل می‌شود.

omoorepeyman.ir

توجه شود که نیروی پسای اعمالی بر اعضا، به نیروی پسای کلی محاسبه شده در بند پیشین افزوده نمی‌شود. صرفاً آن دسته از اعضای سازه‌ای که بخشی از سیستم باربر جانبی هستند، علاوه بر سهم خود از بار کلی اعمالی مطابق بند ۱-۲-۲-۳-۴، فشار موضعی ناشی از عبور جریان در اطراف خود را طبق رابطه (۴-۱۰) تحمل می‌نمایند.

جدول ۴-۳: ضریب پسا(C_d) برای اعضای سازه‌ای

مقطع عضو سازه‌ای	ضریب پسا (C_d)
ستون دایره‌ای یا چند ضلعی متساوی الاضلاع با ۶ گوشه یا بیشتر	۱/۲
ستون مستطیلی با نسبت حداقلی ۲ به ۱ میان اضلاع، وجه بزرگتر به موازات جهت جریان	۱/۶
مثلثی، نوک مثلث به سمت ورود جریان	۱/۶
دیوار بدون تکیه‌گاه مستغرق در جریان	۱/۶
ستون مربعی یا مستطیلی، وجه بزرگ‌تر عمود به جهت جریان	۲/۰
مثلثی، نوک مثلث به سمت خروج جریان	۲/۰
دیوار یا صفحه صاف عمود بر جهت جریان	۲/۰
ستون لوزی شکل، نوک لوزی به سمت ورود جریان	۲/۵
تیر مستطیلی عمود بر جهت جریان	۲/۰
مقاطع I، L و U شکل	۲/۰

۴- ۳- ۲- ۳- نیروی پسای اعمالی بر اعضای سازه‌ای قائم

تمام اعضای سازه‌ای قائم که عرض آن‌ها از ۳ برابر عمق آبگرفتگی (حین جریان ورودی سونامی) نظیر حالت بارگذاری ۲ (مطابق بند ۳-۲) بیشتر می‌باشد، مشمول اعمال نیروی مشخص شده در این بند، به عنوان نیروی پسای هیدرودینامیکی هستند.

نیروی اعمالی بر اعضای سازه‌ای قائم (F_w) مطابق رابطه (۴-۱۱) تعیین می‌گردد؛ اما در صورتی‌که جریان ناشی از یک خیزاب سونامی با عدد فرود بزرگتر از ۱ در محل ظاهر گردد و یا در صورتی‌که نسبت عرض به عمق آبگرفتگی هر دیوار یا ستون برابر ۳ یا بیشتر باشد، نیروی مذکور باید براساس رابطه (۴-۱۲) محاسبه گردد.

$$F_w = \frac{1}{2}\rho_s I_{\text{tsu}} C_d b (h_e u^2) \qquad (۴-۱۱)$$

$$F_w = \frac{3}{4}\rho_s I_{\text{tsu}} C_d b (h_e u^2)_{\text{bore}} \qquad (۴-۱۲)$$

omoorepeyman.ir

۴- ۳- ۲- ۴- نیروی هیدرودینامیکی اعمالی بر دیوارهای مشبک

در خصوص دیوارهای دارای بازشو که امکان عبور جریان از میان پشت‌بند دیوار (Wall Piers) وجود دارد، برآورد نیروی اعمالی بر اعضای سازه‌ای دیوار مشبک (F_{pw}) با استفاده از رابطه (۴-۱۳) مجاز است؛ با این حال مقدار این نیرو نباید از مقدار حاصل از رابطه (۴-۱۰) کمتر اختیار گردد:

$$F_{pw} = (0.4C_{cx} + 0.6)F_w \qquad (۱۳-۴)$$

۴- ۳- ۲- ۵- نیروی هیدرودینامیکی اعمالی بر دیوارهای زاویه‌دار نسبت به جریان

برای دیوارهای دارای زاویه کمتر از ۹۰ درجه نسبت به جهت جریان، نیروی هیدرودینامیکی جانبی در واحد عرض ($F_{w\theta}$) باید مطابق رابطه (۴-۱۴) مشخص گردد.

$$F_{w\theta} = F_w \sin^2 \theta \qquad (۱۴-۴)$$

که در آن θ زاویه بین دیوار و جهت جریان می باشد.

۴- ۳- ۳- فشارهای هیدرودینامیکی اعمالی بر کف‌ها

۴- ۳- ۳- ۱- فشار سکون جریان

دیوارها و کف‌های واقع در فضاهای محصور سازه‌ای که در معرض فشار ناشی از توقف جریان هستند، باید جهت تحمل فشار سکون جریان مشخص شده مطابق رابطه (۴-۱۵) طراحی گردند:

$$P_P = \frac{1}{2}\rho_s I_{\text{tsu}} u^2 \qquad (۱۵-۴)$$

که در آن u حداکثر سرعت جریان آزاد (مطابق با موقعیت و حالت بارگذاری) می‌باشد.

۴- ۳- ۳- ۲- فشار بالابرنده هیدرودینامیکی در کف‌های افقی

کف‌ها و سایر اعضای افقی باید جهت تحمل فشار بالابرنده اعمالی مطابق این بند طراحی گردند.

الف- کف‌های مستغرق حین جریان ورودی سونامی

کف‌های افقی که در خلال آبگرفتگی جریان ورودی سونامی مستغرق می‌شوند، باید برای فشار بالابرنده هیدرودینامیکی حداقل برابر ۱ کیلو پاسکال، که در زیر کف اعمال می‌گردد، طراحی گردند. فشار مذکور افزون بر اثرات نیروی شناوری هیدرواستاتیکی (مطابق بند ۴-۲-۱) می‌باشد.

ب- کف‌های واقع روی زمین شیب‌دار

omoorepeyman.ir

کف‌های افقی که روی زمین شیبدار با شیب بیشتر از ۱۰ درجه واقع شده‌اند، باید برای یک فشار بالابرنده که در زیر کف اعمال می‌گردد، طراحی گردند. این فشار ناشی از مؤلفه قائم سرعت جریان مطابق رابطه (۴-۱۶) محاسبه می‌گردد، اما مقدار آن نباید کمتر از ۱ کیلو پاسکال اختیار گردد.

$$P_P = 1.5\rho_s I_{\text{tsu}} u_v^2 \qquad u_v = u\tan\varphi \tag{۴-۱۶}$$

که در آن:

u: سرعت افقی جریان آزاد در ترازی برابر (یا بیشتر از) تراز بخش زیرین کف (نسبت به صفحه تراز)

φ: شیب میانگین زمین زیر کف

۴- ۳- ۳- ۳- جریان محبوس سونامی در میان دیوار و کف

هنگامی که جریان زیرین یک کف سازه‌ای توسط یک دیوار یا مانع دیگری مسدود می‌گردد، به سمت بالا منحرف گردیده و پس از اصابت به سقف مجدداً مسدود می‌شود که در نتیجه این امر فشار نسبتاً زیادی روی دیوار و روی بخش زیرین کف (در مجاورت دیوار) به وجود می‌آید. لذا در نظر گرفتن بار هیدرودینامیکی ناشی از جریان‌های محبوس در میان دیوارها و کف‌های سازه‌ای ضروری است. بر این اساس در صورتی‌که جریان سونامی در زیر یک کف واقع در ارتفاع، توسط یک دیوار سازه‌ای (واقع در پایین دست جریان) مسدود گردد، دیوار و کف موردنظر باید برای فشار P_u طراحی شوند. این فشار در طول دیوار برابر ۱۷ کیلو پاسکال می‌باشد، اما در طول بخش زیرین کف مقدار آن با توجه به فاصله نسبت به دیوار مطابق رابطه (۴-۱۷) تعیین می‌گردد:

$$P_u = \begin{cases} 17\ \text{kPa} & : \quad x_{sw} \le h_s \\ 8.5\ \text{kPa} & : \quad h_s < x_{sw} \le h_s + l_w \\ 1.5\ \text{kPa} & : \quad h_s + l_w < x_{sw} \end{cases} \tag{۴-۱۷}$$

که در آن:

x_{sw}: فاصله بخش زیرین کف نسبت به دیوار

h_s: تراز بخش فوقانی کف (نسبت به صفحه تراز)

l_w: طول دیوار

در صورت برقراری هریک از شرایط (الف) تا (ه) که در ذیل بیان گردیده‌اند، مقدار فشار ناشی از جریان محبوس در میان دیوار و کف سازه‌ای می‌تواند کاهش یابد؛ ضمن اینکه در صورت برقراری همزمان چندین شرط از شرایط مذکور، کاهش میزان بار به صورت توأمان مجاز می‌باشد. با این وجود، مقدار نهایی فشار نباید کمتر از مقدار حداقلی تعیین شده در هر یک از شرایط ذیل اختیار گردد.

omoorepeyman.ir

الف- کاهش بار مطابق با عمق آبگرفتگی

در صورتی که عمق آبگرفتگی از ۲/۳ ارتفاع طبقه کمتر باشد، فشار بالابرنده P_u می‌تواند مطابق رابطه (۴-۱۸) کاهش یابد؛ اما مقدار آن نباید کمتر از ۱/۵ کیلو پاسکال اختیار گردد.

$$P_u = I_{\text{tsu}}(28.25 - 7.66\frac{h_s}{h}) \qquad (۱۸\text{-}۴)$$

که در آن $\frac{h_s}{h}$ نسبت ارتفاع کف به عمق آبگرفتگی می‌باشد.

ب- کاهش بار مطابق با بازشوی دیوار

هنگامی که دیوار مسدودکننده جریان در زیر کف دارای بازشو باشد (به‌گونه‌ای که عبور جریان میسر باشد)، فشار کاهش یافته بر روی دیوار و کف (P_u) می‌تواند مطابق رابطه (۴-۱۹) محاسبه گردد:

$$P_{ur} = C_{cx}P_u \qquad (۱۹\text{-}۴)$$

که در آن C_{cx} نسبت سطح مستحکم دیوار به کل سطح آبگرفتگی شده صفحه عمودی بخش آبگرفتگی شده دیوار (متناظر با تراز) می‌باشد.

ج- کاهش بار مطابق با بازشوی کف

در مواردی که کف مورد نظر در مجاورت دیوار دارای بازشو یا بخش شکننده باشد، فشار بالابرنده می‌تواند مطابق بند روابط (۴-۲۰) و (۴-۲۱) مشخص می‌گردد:

$$P_{ur} = C_{bs}P_u \qquad (۲۰\text{-}۴)$$

$$C_{bs} = \begin{cases} 1 - \dfrac{w_g}{h_s} & : \quad w_g < 0.5h_s \\ 0.56 - 0.12\,\dfrac{w_g}{h_s} & : \quad 0.5h_s \le w_g \end{cases} \qquad (۲۱\text{-}۴)$$

که در آن:

w_g: عرض بازشو

C_{bs}: ضریب کاهشی بازشوی کف (نباید کمتر از صفر اختیار گردد)

د- کاهش بار مطابق دیوار منفصل سونامی

در صورتی‌که دیوار مسدودکننده جریان از نوع دیوارهای منفصل سونامی باشد، فشار بالابرنده کف باید براساس بند ۴-

omoorepeyman.ir

۱-۳-۳ مشخص گردد؛ اما نیاز نیست مقدار آن از نیروی برشی مورد نیاز جهت جداسازی دیوار منفصل از کف، بیشتر اختیار گردد.

۴- ۴- نیروهای ناشی از ضربه آوار

از آنجا که حجم عظیمی از آوار شامل درختان، تیرهای چوبی برق و خودروها (و بعضاً حتی تخته‌سنگ‌ها یا قطعات بتنی) توسط جریان سونامی حمل می‌شوند، نیروهای ناشی از ضربه این آوار به ساختمان یا سازه باید مطابق این بند تعیین گردند. البته ترکیب این بارها با سایر بارهای مرتبط با سونامی که در سایر بخش‌های راهنما مشخص گردیدند، ضروری نمی‌باشد.

ملاحظه اثرات نیروهای ناشی از ضربه برخورد آوار در طراحی در مواردی الزامی خواهد بود که حداقل عمق آبگرفتگی بیشتر از ۱ متر باشد. برای این منظور باید شدیدترین اثر نیروهای ضربه‌ای (در محدوده عمق آبگرفتگی) به اعضای پیرامونی سیستم سازه‌ای باربر ثقلی که در امتداد محورهای اصلی سازه‌ای عمود بر جهات احتمالی جریان ورودی و جریان بازگشتی (مطابق بند ۳-۷) واقع شده‌اند، اعمال گردد. به جز در موارد مشخص شده در ادامه، محل اعمال بارهای ضربه‌ای در تمامی اعضای مذکور باید مطابق با حالت بحرانی از نظر ایجاد برش و خمش و در محدوده عمق آبگرفتگی موردنظر فرض گردد. اعماق آبگرفتگی و سرعت‌های جریان باید بر اساس سه حالت بارگذاری تعریف شده در بند ۳-۲ در نظر گرفته شوند. اعمال همزمان بارهای ضربه‌ای به چندین عضو سازه‌ای ضروری نمی‌باشد.

ساختمان‌ها و سازه‌های مشمول شرایط فوق، باید مطابق بندهای ۴-۴-۲ الی ۴-۴-۴ برای بار ناشی از ضربه تیرهای چوبی، خودروها و همچنین تخته‌سنگ‌ها و قطعات بتنی شناور طراحی شوند. ضمناً در نواحی مجاور بنادر یا محوطه‌های کانتینری، باید احتمال برخورد کانتینرهای کشتیرانی، کشتی‌ها و بارج‌ها طبق شیوه بند ۴-۴-۵ تعیین گردیده و ساختمان‌ها و سازه‌ها واقع در ناحیه خطر برخورد، باید در برابر بارهای ضربه‌ای مطابق بند ۴-۴-۶ نیز مورد طراحی قرار گیرند. البته ارزیابی ضربه تیرهای چوبی، خودروها، تخته‌سنگ‌ها، قطعات بتنی شناور و کانتینرهای کشتیرانی از طریق اعمال بار استاتیکی ساده شده طبق بند ۴-۴-۱، به عنوان جایگزین بندهای ۴-۴-۲ الی ۴-۴-۶، مجاز است.

ساختمان‌ها و سازه‌های نوع ۴ از لحاظ ریسک سونامی که بر اساس روش تعیین شده در بند ۴-۴-۵، در محدوده خطر برخورد با کشتی و بارج با ظرفیت وزن مرده بیش از ۴۰۰۰۰ کیلوگرم قرار دارند، باید مطابق بند ۴-۴-۷ در برابر ضربه شناورهای مذکور نیز طراحی می‌شوند.

۴- ۴- ۱- بار استاتیکی ساده شده ضربه آوار

لحاظ نمودن ضربه آوار از طریق اعمال نیروی حاصل از رابطه (۴-۲۲) به عنوان بار استاتیکی حداکثر و جایگزین بارهای تعریف شده در بندهای ۴-۴-۲ تا ۴-۴-۶ مجاز است. این نیرو باید در نقاط بحرانی از نظر ایجاد برش و خمش در اعضا و در محدوده عمق آبگرفتگی متناظر با حالت بارگذاری شماره ۳ طبق بند ۳-۲ اعمال گردد.

omoorepeyman.ir

$$F_i = 1470 C_0 I_{\text{tsu}} \qquad (۲۲-۴)$$

در رابطه فوق F_i نیروی ضربه آوار، I_{tsu} ضریب اهمیت سونامی مطابق جدول (۴-۱) و C_0 ضریب امتداد برخورد آوار بوده که برابر ۰/۶۵ در نظر گرفته می‌شود. در صورتی‌که براساس ارزیابی خطر برخورد طبق شیوه بند ۴-۴-۵، ساختگاه در ناحیه خطر برخورد کانتینرهای کشتیرانی، کشتی‌ها و بارج‌ها واقع نباشد، می‌توان مقدار نیروی ساده شده ضربه آوار حاصله از رابطه (۴-۲۲) را تا ۵۰ درصد کاهش داد.

۴- ۴- ۲- نیروی ضربه تیرهای چوبی

مقدار اسمی حداکثر نیروی ضربه آنی آوار، F_{ni}، مطابق رابطه (۴-۲۳) محاسبه می‌گردد؛ اما مقدار نیروی ضربه آنی آوار جهت اعمال در طراحی‌ها، F_i، باید مطابق رابطه (۴-۲۴) تعیین گردد.

$$F_{ni} = u_{\max}\sqrt{k m_d} \qquad (۲۳-۴)$$

$$F_i = I_{\text{tsu}} C_0 F_{ni} \qquad (۲۴-۴)$$

که در این روابط:

I_{tsu}: ضریب اهمیت سونامی (مطابق جدول (۴-۱))

C_0: ضریب امتداد برخورد آوار، برابر ۰/۶۵ برای تیرهای چوبی

$u_{\max}$: حداکثر سرعت جریان در محل سازه

k: حداقل مقادیر سختی مؤثر آوار برخوردکننده و سختی جانبی عضو سازه‌ای تغییرشکل یافته در اثر برخورد

m_d: جرم آوار

با توجه به این که در محاسبه سختی آوار در رابطه (۴-۲۳) فرض بر آن است که تیرهای چوبی در امتداد طولی با ساختمان برخورد می‌کنند، سختی آن‌ها باید براساس سختی محوری اعضا و از طریق رابطه $k=EA/L$ محاسبه گردد؛ که در آن E مدول الاستیسیته محوری، A سطح مقطع و L طول تیر چوبی است. ضمن اینکه مقدار حداقل وزن و سختی تیر چوبی باید به ترتیب برابر ۴۵۰ کیلوگرم و ۶۱۰۰۰ کیلو نیوتن بر متر در نظر گرفته شود.

با فرض رفتار ارتجاعی در برخورد، مدت زمان ضربه، t_d، از رابطه (۴-۲۵) محاسبه می‌شود:

$$t_d = \frac{2 m_d u_{max}}{F_{ni}} \qquad (۲۵-۴)$$

به منظور ملاحظه اثرات دینامیکی، نیروی حاصل از روش استاتیکی معادل باید در ضریب پاسخ دینامیکی، $R_{\max}$، ضرب گردد. مقدار ضریب مذکور، مطابق جدول (۴-۳)، با توجه به نسبت مدت زمان ضربه به دوره تناوب طبیعی عضو سازه‌ای

omoorepeyman.ir

تحت ضربه تعیین می‌گردد. برای سایر مقادیر مابین اعداد ارائه شده، ضریب پاسخ دینامیکی باید براساس درون‌یابی تعیین گردد. ضمناً برای دیوار بار محل ضربه در مرکز دیوار (در امتداد افقی) فرض شده و دوره تناوب طبیعی آن می‌تواند بر اساس دوره تناوب اصلی ستون معادل با عرض نصف دهانه قائم دیوار تعیین گردد.

جهت محاسبه اثرات دینامیکی بار ضربه، استفاده از روش‌های تحلیل جایگزین، مطابق بند ۴-۴-۸، نیز مجاز است.

جدول ۴-۴: ضریب پاسخ دینامیکی (R_{max}) برای بارهای ضربه‌ای

نسبت مدت زمان ضربه به دوره تناوب طبیعی عضو سازه‌ای تحت ضربه	ضریب پاسخ دینامیکی (R_{max})
۰/۰	۰
۰/۱	۰/۴
۰/۲	۰/۸
۰/۳	۱/۱
۰/۴	۱/۴
۰/۵	۱/۵
۰/۶	۱/۷
۰/۷	۱/۸
۰/۹	۱/۸
۱/۰	۱/۷
۱/۱	۱/۷
۱/۲	۱/۶
۱/۳	۱/۶
≥۱/۴	۱/۵

۴-۴-۳- نیروی ضربه خودروها

نیروی ناشی از ضربه خودروها باید برابر مقدار حاصل‌ضرب ۱۳۰ کیلونیوتن در I_{tsu} (ضریب اهمیت سونامی) در نظر گرفته شده و در هر نقطه بالاتر از تراز ۱ متر (از سطح زمین) تا تراز آبگرفتگی حداکثر به اعضای سازه‌ای قائم اعمال گردد.

۴-۴-۴- نیروی ضربه تخته‌سنگ‌ها و قطعات بتنی شناور

در مواردی که عمق آبگرفتگی حداکثر از ۱/۸ متر باشد، نیروی ناشی از ضربه تخته‌سنگ‌ها و قطعات بتنی شناور باید برابر مقدار حاصل‌ضرب ۳۶ کیلونیوتن در I_{tsu} (ضریب اهمیت سونامی) در نظر گرفته شده و در تراز ۰/۶ متر به اعضای سازه‌ای قائم اعمال گردد.

۴-۴-۵- شناسایی ناحیه خطر برخورد کانتینرهای کشتیرانی، کشتی‌ها و بارج‌ها

کانتینرهای کشتیرانی، کشتی‌ها و بارج‌ها واقع در بنادر باید به‌عنوان اجسام شناور محتمل برخوردکننده به ساختمان‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته و محدوده احتمالی جابه‌جایی و پخش آن‌ها مطابق این بند شناسایی گردد.

omoorepeyman.ir

با فرض این‌که اجسام فوق‌الذکر از یک منشا نقطه‌ای به حرکت در می‌آیند، محدوده در معرض خطر برخورد تعیین می‌شود. برای این منظور در گام نخست سطح کل مورد انتظار اجسام موردنظر در محل منشا باید تعیین شود. برای کانتینرها این مقدار برابر با حاصل‌ضرب تعداد کانتینرها (در محل) در مساحت آن‌هاست، برای بارج‌ها مساحت اسمی هر بارج، برابر ۶۳۵ مترمربع (براساس استاندارد AASHTO، ۲۰۰۹)، در تعداد متوسط آن‌ها در محل منشا ضرب می‌گردد. برای کشتی‌ها نیز به همین ترتیب و براساس سطح متوسط عرشه آن‌ها، این مقدار محاسبه می‌گردد.

پس از برآورد سطح کل هر منشا، مرکز جغرافیایی آن به همراه جهت جریان اصلی سونامی (براساس بند ۷-۳) باید مشخص گردد تا مطابق شکل (۴-۱)، خطوط با زاویه ۲۲/۵ درجه از هر سمت نسبت به خط گذرنده از مرکز جغرافیایی در امتداد جهت جریان ورودی ترسیم گردند. شعاع این قطاع دایره‌ای به نحوی در نظر گرفته می‌شود که مساحت محدوده حاصله ۵۰ برابر سطح کل منشأ اجسام مورد نظر گردد که بیانگر تراکم ۲ درصدی آوار در منطقه احتمالی انتقال و پخش می‌باشد. با این وجود وسعت قطاع شکل گرفته از طرف خشکی می‌تواند مطابق دو مرز زیر محدود گردد:

۱- محدوده عمق آبگرفتگی ۱ متری (در خصوص کشتی‌ها این عمق برابر مقدار عمق آبخور کشتی به علاوه ۰/۶ متر می‌باشد).

۲- ساختمان‌های فولادی و بتنی دارای ارتفاع بیش از مجموع عمق آبگرفتگی و ۰/۶ متر در خصوص کانتینرها و بارج‌ها، و مجموع عمق آبگرفتگی و عمق آبخور کشتی و ۰/۶ متر در خصوص کشتی‌ها.

در صورتی‌که وضعیت توپوگرافی داخل قطاع ۴۵ درجه‌ای به گونه‌ای باشد که عبور جریان سونامی را مسدود نماید (وجود عوارضی مانند تپه)، جهت قطاع باید در تطابق با عوارض موجود چرخانده شود و در صورتی‌که عوامل محدودکننده جریان در دو سمت (یا بیشتر) باشد، قطاع باید باریک‌تر در نظر گرفته شود.

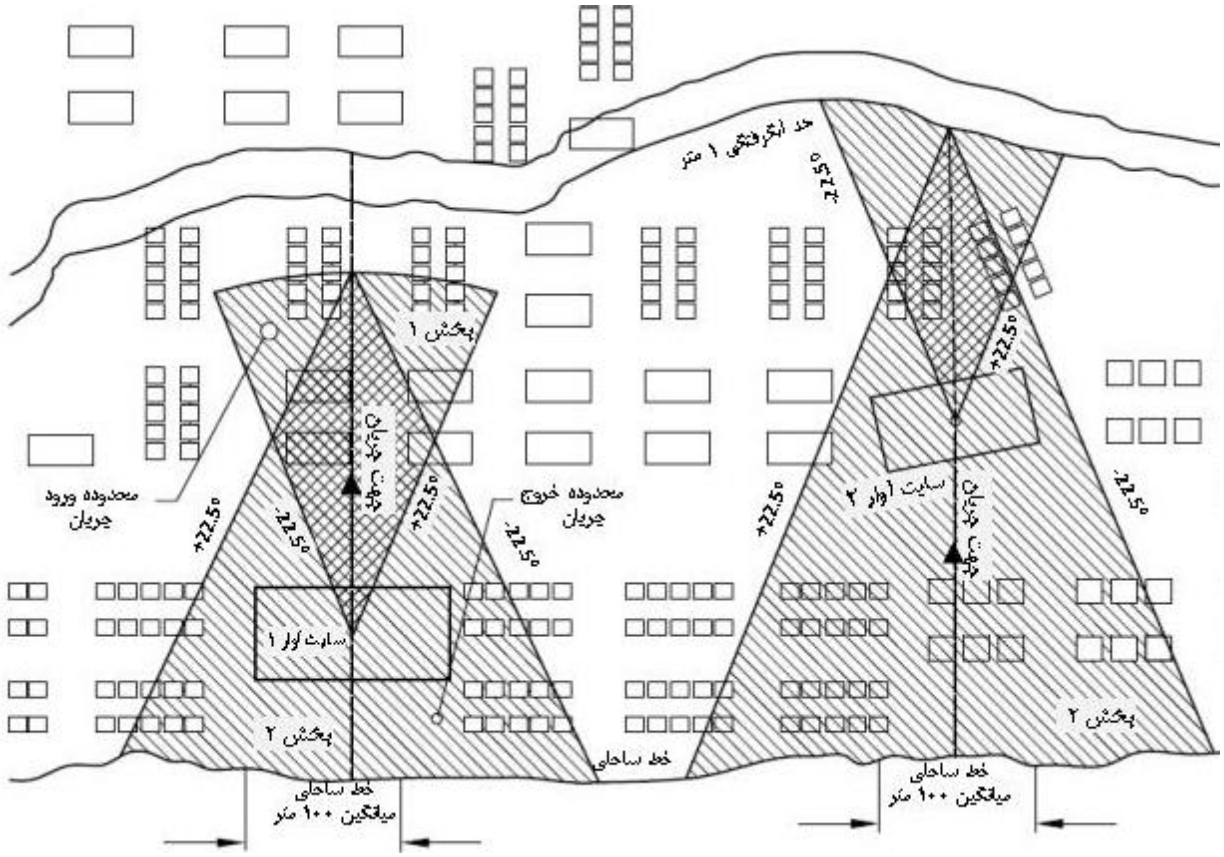
در نهایت ناحیه خطر برخورد آوار در اثر جریان بازگشتی سونامی نیز با چرخش ۱۸۰ درجه‌ای قطاع اولیه، به گونه‌ای که رأس قطاع جدید در محل تقاطع مرز انتهایی قطاع نخست و خط گذرنده از مرکز جغرافیایی در امتداد جهت جریان ورودی واقع گردد (شکل ۴-۱)، باید مشخص گردد.

ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها بسته به اینکه در قطاع مربوط به ناحیه خطر برخورد آوار در اثر جریان ورودی سونامی، یا قطاع مربوط به ناحیه خطر برخورد آوار در اثر جریان بازگشتی و یا هر دو قطاع مذکور واقع باشند، باید در برابر ضربه کانتینرها و یا شناورها در جهت مربوطه یا در هر دو جهت طراحی شوند.

۴- ۴- ۶- نیروی ضربه کانتینرهای کشتیرانی

نیروی ناشی از ضربه کانتینرهای کشتیرانی نیز باید بر اساس روابط (۴-۲۳) و (۴-۲۴) و با در نظر گرفتن جرم کانتینر خالی به عنوان مقدار m_d محاسبه گردد. فرض بر این است که نقطه برخورد یکی از گوشه‌های تحتانی کانتینر بوده و سختی کانتینر از رابطه $k=EA/L$ محاسبه می‌گردد؛ که در آن E، A و L به ترتیب مدول الاستیسیته، سطح مقطع

omoorepeyman.ir



شکل ۴-۱: چگونگی تعیین ناحیه خطر برخورد آوار شناور سونامی

و طول ریل تحتانی کانتینر هستند. البته مقادیر وزن و سختی کانتینرهای کشتیرانی نباید کمتر از مقادیر حداقل ارائه شده در جدول (۴-۴) اختیار گردد. ضمن اینکه ضریب امتداد برخورد آوار (C_0)، برای کانتینرهای باری برابر با ۰/۶۵ در نظر گرفته می‌شود.

در نظر گرفتن مقادیر بیشتر از ۱۰۰۰ کیلو نیوتن، به‌عنوان مقدار اسمی نیروی ضربه، F_{ni}، (حاصله از رابطه ۴-۲۳) برای کانتینرهای باری ضروری نمی‌باشد.

برای کانتینرهای حمل و نقل خالی، مدت زمان ضربه (با فرض رفتار ارتجاعی در برخورد) باید از رابطه (۴-۲۵) محاسبه گردد؛ اما برای کانتینرهای بارگیری شده، مدت زمان ضربه از رابطه (۴-۲۶) حاصل می‌شود:

$$t_d = \frac{(m_d + m_{\text{contents}})u_{max}}{F_{ni}} \qquad (۴-۲۵)$$

که در آن m_{contents} باید برابر با ۵۰٪ ظرفیت بار کانتینر در نظر گرفته شود. حداقل مقادیر مجموع $m_d + m_{\text{contents}}$ در جدول (۴-۴) ارائه شده‌اند. در طراحی‌ها باید هر دو حالت کانتینرهای باری خالی و بارگیری شده ملاحظه گردد.

omoorepeyman.ir

مشابه بند ۴-۴-۲ به منظور ملاحظه اثرات دینامیکی، نیروی حاصل از روش استاتیکی معادل باید در ضریب پاسخ دینامیکی، R_{max}، که مقادیر آن در جدول (۴-۳) ارائه شده، ضرب گردد.

جدول ۴-۵: وزن و سختی کانتینرهای باری شناور

نوع کانتینر شناور	وزن (کیلوگرم)	سختی (کیلو نیوتن بر متر)
کانتینر باری استاندارد ۲۰ فوت (۶/۱ متر)	خالی ۲۲۷۰ بارگیری شده ۱۳۱۵۰	۴۲۹۰۰ (در امتداد طولی)
کانتینر باری استاندارد ۲۰ فوت (۶/۱ متر)	خالی ۳۸۱۰ بارگیری شده ۱۷۲۴۰	۲۹۸۰۰ (در امتداد طولی)

۴- ۴- ۷ - نیروی ضربه آوار غیرمعمول

در صورتی که عمق آبگرفتگی حداکثر از ۳/۵ متر بیشتر باشد، ساختمان‌ها و سازه‌های نوع ۴ از لحاظ ریسک سونامی باید در برابر نیروی ضربه کشتی‌های عظیمی که عمق آبخور آن‌ها در ناحیه خطر برخورد (شناسایی شده طبق بند ۴-۴-۵) از عمق آبگرفتگی کمتر می‌باشد، طراحی شوند. این نیرو می‌تواند در هر نقطه بالاتر از سطح زمین تا تراز معادل ۱/۳ برابر عمق آبگرفتگی به علاوه ارتفاع عرشه کشتی، به اعضای پیرامونی سازه‌های مذکور اعمال گردد و باید با استفاده از رابطه (۴-۲۴) و بر مبنای سختی عضو سازه‌ای تحت ضربه و وزن معادل مجموع وزن خالص کشتی (LWT) به‌علاوه ۳۰ درصد ظرفیت وزن مرده (DWT) محاسبه گردد. به منظور محاسبه اثرات دینامیکی بار ضربه، استفاده از روش‌های تحلیل جایگزین مطابق بند ۴-۴-۸، مجاز است.

۴- ۴- ۸- روش‌های جایگزین تحلیل پاسخ سازه تحت اثر بار ضربه آوار

استفاده از تحلیل دینامیکی جهت محاسبه پاسخ سازه به نیروی ضربه با مدت زمان t_d و مقدار محاسبه شده طبق رابطه (۴-۲۴) مجاز است. در صورتی‌که بار ضربه به اندازه‌ای بزرگ باشد که باعث رفتار غیر ارتجاعی در سازه شود، یک مدل معادل یک درجه آزادی (جرم و فنر) با سختی غیرخطی، به‌طوری‌که شکل‌پذیری سازه تحت ضربه را در نظر بگیرد، می‌تواند به کار برده شود. ضمن اینکه محاسبه پاسخ سازه در برابر ضربه غیر ارتجاعی، براساس روش کار-انرژی و با در نظر گرفتن شکل‌پذیری سازه تحت ضربه توسط سختی غیرخطی، به عنوان یک شیوه جایگزین مجاز می‌باشد. سرعت اعمال شده در روش کار - انرژی، باید در ضریب اهمیت سونامی، I_{tsu} ، و ضریب امتداد برخورد آوار ، C_0 ، ضرب گردد.

omoorepeyman.ir

فصل ۵

الزامات شالوده

omoorepeyman.ir

۵- ۱- طراحی شالوده

شالوده سازه و موانع ویژه سونامی باید به‌گونه‌ای طراحی گردند که ضمن مقاومت در برابر بارها و اثرات معرفی شده در بند ۵-۳، ظرفیت تحمل بارهای حاصل از ترکیب بارهای تعریف شده در بند ۳-۲ را دارا باشند. همچنین شالوده باید در برابر تغییر مکان‌های مشخص شده طبق بند ۵-۳-۶ کنترل گردد.

در تعیین عمق قرارگیری شالوده و ظرفیت شمع‌ها (که جهت مقاومت در برابر بارهای سازه‌ای، شامل بارهای تیر پایه، طراحی می شوند)، باید اثرات فرسایش عمومی و آبشستگی موضعی ملاحظه گردد.

۵- ۲- ضرایب مقاومت جهت تحلیل پایداری شالوده

جهت محاسبه ظرفیت‌های مقاوم به منظور استفاده در تحلیل پایداری و شکست‌های احتمالی مرتبط با ظرفیت باربری، فشار جانبی، پایداری داخلی ژئوتکستایل و سیستم‌های تسلیح خاک و پایداری شیب یا شیروانی و همچنین محاسبه ظرفیت اعضای مهار در برابر نیروی بالابرنده، مقدار ۰/۶۷ باید در ضریب مقاومت ϕ اعمال شود.

۵- ۳- نیروها و اثرات سونامی

در طراحی شالوده شالوده‌ها و موانع ویژه سونامی باید اثرات فشار جانبی خاک (مطابق مبحث ۷ مقررات ملی ساختمان)، نیروهای هیدرواستاتیکی طبق بند ۴-۲، نیروهای هیدرودینامیکی طبق بند ۴-۳ و نیروهای بالابرنده (ناشی از تراوش تحتانی) طبق بند ۵-۳-۱ مد نظر قرار گیرد.

شالوده‌ها باید ظرفیت کافی برای مقابله در برابر نیروی بالابرنده و واژگونی ناشی از نیروهای هیدرواستاتیکی و هیدرودینامیکی و ضربه آوار شناور مربوط به سونامی را فراهم آورند. ضمن اینکه در طراحی شالوده، اثرات ناشی از کاهش مقاومت خاک، فرسایش کلی و آبشستگی نیز باید مطابق الزامات این بند در نظر گرفته شوند. برای ملاحظه چنین اثراتی حداقل دو چرخه جریان سونامی باید در محاسبات لحاظ گردد.

۵- ۳- ۱- نیروهای بالابرنده ناشی از تراوش تحتانی

نیروهای بالابرنده ناشی از تراوش تحتانی سونامی باید مطابق شرایط زیر ارزیابی شوند:

۱- نیروهای بالابرنده ناشی از تراوش تحتانی سه حالت بارگذاری تعریف شده در بند ۳-۲ را شامل شوند؛

۲- کاهش مقاومت ناشی از آبشستگی و سایر اثرات خاک همچون روانگرایی و نرم‌شدگی ناشی از فشار آب حفره‌ای مد نظر قرار گیرد. علاوه بر این، نیروهای بالابرنده ناشی از تراوش تحتانی در موارد زیر نیز باید تعیین گردد:

omoorepeyman.ir

الف) خاک پیش از وقوع سونامی اشباع باشد؛

ب) خاک در حین عبور مجموعه امواج سونامی اشباع گردد؛

ج) منطقه مورد نظر پس از سونامی همچنان آبگرفته باقی بماند.

۳- اثرات بار زنده و بار برف در برآورد مقاومت در برابر نیروهای بالابرنده در نظر گرفته نشوند.

۵- ۳- ۲- کاهش مقاومت

تا عمق ۱/۲ برابر عمق آبگرفتگی حداکثر، کاهش مقاومت برشی ناشی از نرم‌شدگی در اثر فشار آب حفره‌ای باید مطابق بند ۵-۳-۵ لحاظ گردد. در محل‌هایی که مقدار عدد فرود حداکثر کمتر از ۰/۵ باشد، در نظر گرفتن نرم‌شدگی ناشی از فشار آب حفره‌ای (منفذی) در اثر سونامی ضروری نیست.

۵- ۳- ۳- فرسایش کلی

فرسایش کلی در حین جریان ورودی و جریان بازگشتی سونامی باید در نظر گرفته شود. در تحلیل فرسایش عمومی باید تشدید سرعت‌های جریان مطابق بند ۲-۴ و همچنین بهبود وضعیت ناشی از نرم‌شدگی فشار آب حفره‌ای در اثر سونامی در نظر گرفته شود.

در مناطق پوشیده از سنگ یا لایه‌های غیرقابل فرسایش (که از آبشستگی ناشی از جریان سونامی با سرعت ۹/۱۴ متر بر ثانیه جلوگیری می‌کنند)، تحلیل فرسایش کلی نیاز نیست.

در بررسی فرسایش کلی در حین جریان بازگشتی سونامی، باید تمرکز جریان در کانال‌ها (شامل کانال‌های تازه پدید آمده در حین جریان ورودی و جریان بازگشتی سونامی) در نظر گرفته شود.

۵- ۳- ۴- آبشستگی

عمق و وسعت آبشستگی که می‌تواند در اثر سرعت جریان پایدار سونامی یا سقوط آب از روی موانع حاصل گردد، باید بر اساس روش‌های این بند ارزیابی گردد.

در مناطق پوشیده از سنگ یا لایه‌های غیرقابل فرسایش (که از آبشستگی ناشی از جریان سونامی با سرعت ۹/۱۴ متر بر ثانیه جلوگیری می‌کند)، و همچنین در رابطه با سازه های باز، ارزیابی آبشستگی نیاز نیست.

۵-۳-۴-۱- آبشستگی جریان پایدار

در نظر گرفتن آبشستگی ناشی از اثرات جریان پایدار سونامی در اطراف سازه‌ها و شمع‌های گوشه‌های ساختمان ضروری است. جهت برآورد عمق و وسعت آبشستگی جریان پایدار، باید مدل‌های عددی دینامیکی، مدل‌های فیزیکی و یا روش‌های

omoorepeyman.ir

تجربی موجود در منابع معتبر به کار برده شود. با این وجود، تعیین عمق آبشستگی ناشی از جریان پایدار و نرم‌شدگی فشار آب حفره‌ای بر اساس جدول (۵-۱) نیز مجاز است.

جدول ۵-۱: عمق آبشستگی ناشی از جریان پایدار و نرم‌شدگی فشار آب‌حفره‌ای

عمق آبگرفتگی (h)	عمق آبشستگی* (D)
۳ متر >	۱/۲ h
۳ متر ≥	۳/۷ متر

* برای بسترهای سنگی دست نخورده کاربرد ندارد.

در محل‌هایی که مقدار عدد فرود حداکثر کمتر از ۰/۵ باشد، عمق آبشستگی موضعی ناشی از جریان پایدار، حاصله از جدول (۵-۱)، را می‌توان با استفاده از یک ضریب اصلاحی کاهش داد. ضریب اصلاحی مذکور به صورت خطی بین صفر (در محدوده آبگرفتگی افقی) تا یک (در محل‌هایی که مقدار عدد فرود جریان ۰/۵ است) تغییر می‌کند.

محدوده موردنظر در اطراف شالوده سازه جهت طراحی در برابر آبشستگی جریان پایدار، در مناطق دارای خاک تحکیم یافته یا چسبنده باید تا فاصله‌ای برابر عمق آبشستگی، نسبت به بُعد بیرونی شالوده ادامه یابد. در مناطق دارای خاک تحکیم نیافته یا غیرچسبنده این فاصله تا ۳ برابر عمق آبشستگی افزایش می‌یابد.

۵-۳-۴-۲- آبشستگی ریزشی

عمق و محدوده افقی آبشستگی ریزشی باید از طریق مدل‌های عددی دینامیکی، مدل‌های فیزیکی و یا روش‌های تجربی تعیین گردد. با این وجود، در نبود مدل دینامیکی و تحلیل ویژه منطقه، برآورد عمق آبشستگی ریزشی (D_s)، با استفاده از رابطه (۵-۱) مجاز است.

$$D_s = C_{2V}\sqrt{\frac{qU\sin(\psi)}{g}} \qquad (۱-۵)$$

که در آن:

C_{2V}: ضریب آبشستگی بدون بُعد که برابر ۲/۸ در نظر گرفته می‌شود.

ψ: زاویه بین جت آب درون حفره آبشستگی و خط افق؛ در صورت نبود اطلاعات، برابر مقدار حداقل ۷۵ درجه و شیب جانبی سازه‌ای که جریان از روی آن ریزش کرده است (در سمت آبشستگی) در نظر گرفته می‌شود.

g: شتاب گرانش

U: سرعت جت سیال در حال برخورد با حفره آبشستگی

q: دبی در واحد عرض روی سازه‌ای که جریان از آن ریزش کرده است و مقدار آن مطابق رابطه (۵-۲) محاسبه می‌شود:

omoorepeyman.ir

$$q = C_{\text{dis}} \frac{2}{3} \sqrt{2\text{g}}\, H_O^{3/2} \qquad (۲-۵)$$

همانگونه که در شکل (۵-۱) مشاهده می‌شود H_O در رابطه فوق بیانگر عمق آب در بالای سازه‌ای است که جریان از آن ریزش کرده است؛ C_{dis} نیز ضریب دبی بدون بعدی است که از رابطه (۵-۳) محاسبه می‌شود:

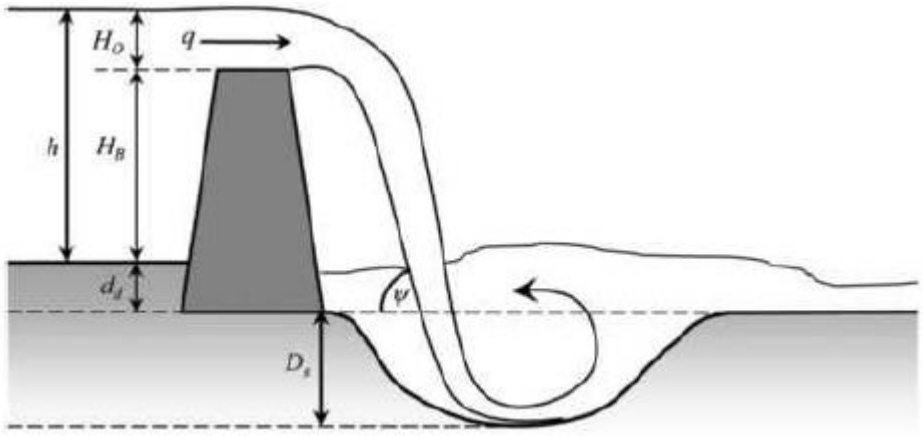
$$C_{\text{dis}} = 0.611 + 0.08 \frac{H_0}{H_B} \qquad (۳-۵)$$

در رابطه فوق H_B ارتفاع مانع بالادست می‌باشد.

سرعت جت سیال در حال برخورد با حفره آبشستگی، U، از رابطه (۵-۴) حاصل می‌شود:

$$U = \sqrt{2g(h + d_d)} \qquad (۴-۵)$$

که در آن h عمق آب در پشت مانع بالادست و d_d اختلاف ارتفاع اضافی سطح آب بالادست و پایین دست (در سمت آبشستگی) می‌باشد.



شکل ۵-۱: نمایش کمیت‌های آبشستگی ریزشی

۵- ۳- ۵- نیروهای افقی خاک

نیروهای افقی خاک ناشی از آبشستگی نامتوازن باید در طراحی اعضای شالوده ملاحظه گردند.

۵- ۳- ۶- تغییرمکان‌ها

تغییر مکان‌های قائم و افقی اعضای شالوده و تغییر مکان‌های شیب باید با استفاده از تحلیل‌های تجربی یا الاستوپلاستیک یا روش‌های عددی معتبر و با اعمال نیروهای ناشی از سونامی (مشخص گردیده در بند ۵-۳) به همراه سایر

omoorepeyman.ir

بارهای ژئوتکنیکی و شالوده که در مباحث مقررات ملی ساختمان ایران (به ویژه مبحث ۷) ارائه شده‌اند، تعیین گردند.

۵- ۴- روش‌های حفاظت از شالوده

به منظور کاهش اثرات سونامی بر شالوده می‌توان از روش‌هایی مانند خاکریزی، دال‌های محافظ، ژئوتکستایل، سیستم‌های تسلیح خاک، روکش خاک و اصلاح خاک استفاده کرد.

۵- ۴- ۱- خاکریزی

در به‌کار بردن شیوه خاکریزی، اطمینان از پایداری و مقاومت آن در طی آبگرفتگی و در برابر بارها و اثرات مشخص شده طبق بند ۵-۳ ضروری است.

۵- ۴- ۲- دال‌های محافظ

جز در موارد طراحی دال‌های محافظ خارجی براساس تحلیل‌های ویژه ساختگاه طبق منابع معتبر، فرض بر این است که دال‌های محافظ روی شالوده در زمان وقوع حداکثر سونامی مورد نظر از محل خود بلند شده و جابجا می‌شوند. دال‌های مذکور باید حداقل استحکام لازم برای مقاومت در برابر بارهای زیر را دارا باشند:

۱- نیروهای برشی ناشی از جریان پایدار مطابق حداکثر سرعت جریان سونامی، u_{max}، روی دال

۲- فشارهای بالابرنده ناشی از شتاب جریان در بالادست و پایین دست لبه های دال (برای جریان ورودی و بازگشتی)

۳- گرادیان‌های جریان ناشی از تراوش در زیر دال (در صورت وجود پتانسیل اشباع خاک در حین عبور امواج متوالی سونامی)

۴- نوسانات فشار در محل مقاطع و اتصالات دال

۵- افزایش فشار آب حفره‌ای ناشی روانگرایی و عبور چندین موج سونامی

۶- فرسایش بستر در بالادست، پایین دست و در اثر جریان موازی با لبه‌های دال و جریان میان بخش‌های آن

۵- ۴- ۳- ژئوتکستایل و سیستم های تسلیح خاک

ژئوتکستایل‌ها باید طبق الزامات شرکت سازنده و توصیه‌های منابع معتبر، طراحی و نصب گردد. ضمن اینکه ضرایب مقاومت مربوط به ظرفیت باربری، فشار جانبی، پایداری داخلی، پایداری شیب و ظرفیت اعضای مهار در برابر نیروی بالابرنده باید طبق بند ۵-۲ در نظر گرفته شوند.

سیستم‌های تسلیح خاک زیر جهت استفاده مجاز هستند:

omoorepeyman.ir

۱- لوله‌های ژئوتکستایل ساخته شده از بافت‌های مستحکم، که بتوانند در برابر بارها و اثرات سونامی طرح، بدون تغییرشکل به مقاومت کششی کامل دست یابند.

۲- سیستم‌های تسلیح خاک و شیبِ ژئوگرید که محافظت کافی را در برابر فرسایش کلی و آبشستگی فراهم نموده و دارای روکش حفاظتی و maximum lift thickness برابر ۰/۳ متر باشند.

۳- سیستم‌های حفاظتی ژئوسل، در صورتی که تحلیل‌های برآورد عملکرد مورد انتظار (در برابر فرسایش عمومی و آبشستگی) در شرایط عدم استفاده از روکش موجود باشد.

۵- ۴- ۴- سیستم‌های روکش خاک

سیستم‌های روکش خاک و مهار آن باید در برابر نیروی بالابرنده و تغییر مکان ناشی از بارهای آبگرفتگی سونامی طرح، از استحکام کافی برخوردار باشند. سیستم‌های روکش محافظتی خاک زیر جهت استفاده مجاز هستند:

۱- پوشش‌های گیاهی جهت مقابله با فرسایش کلی و آبشستگی؛ در حالتی که سرعت‌های جریان سونامی کمتر از ۴ متر بر ثانیه بوده و طراحی‌ها با الزامات موجود در منابع معتبر منطبق باشد.

۲- لایه های فیلتر ژئوتکستایل، شامل فیلتر حفاظت اولیه با استفاده از یک شبکه ترکیبی.

۳- پوشش‌های مَترس؛ که ضمن انعطاف‌پذیری کافی، قابلیت استهلاک انرژی را داشته و تحت اثر جریان‌های مربوط به آبگرفتگی سونامی طرح، پایداری لبه‌های آن‌ها برقرار باشد.

۴- روکش‌های بتنی مطابق الزامات دال‌های محافظ (طبق بند ۵-۴-۲)، که تحت اثر جریان‌های مربوط به آبگرفتگی سونامی طرح، از مهار کافی جهت سیستم خاک تسلیح شده برخوردار باشند.

۵- پوشش‌های سنگریزه‌ای؛ در صورتی که قطر اسمی سنگ با توجه به عمق و سرعت آبگرفتگی سونامی و براساس معیارهای طراحی موجود در منابع معتبر تعیین گردد (در حالتی که عدد فرود حداکثر برابر ۰/۵ یا بیشتر باشد، جریان‌های آشفته پر سرعت همراه سونامی باید بطور ویژه و با استفاده از روش های ارایه شده در منابع معتبر در نظر گرفته شوند).

۵- ۴- ۵- اصلاح خاک

اصلاح خاک باید بر مبنای ترکیب سیمان با خاک، جهت فراهم نمودن حفاظت در برابر آبشستگی (مطابق بند ۴-۳-۵) طراحی گردد. حداقل میزان مقاومت توده خاک و سیمان (مقاومت فشاری متوسط) ۰/۶۹ مگاپاسکال می‌باشد.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۶

ملاحظات خاص

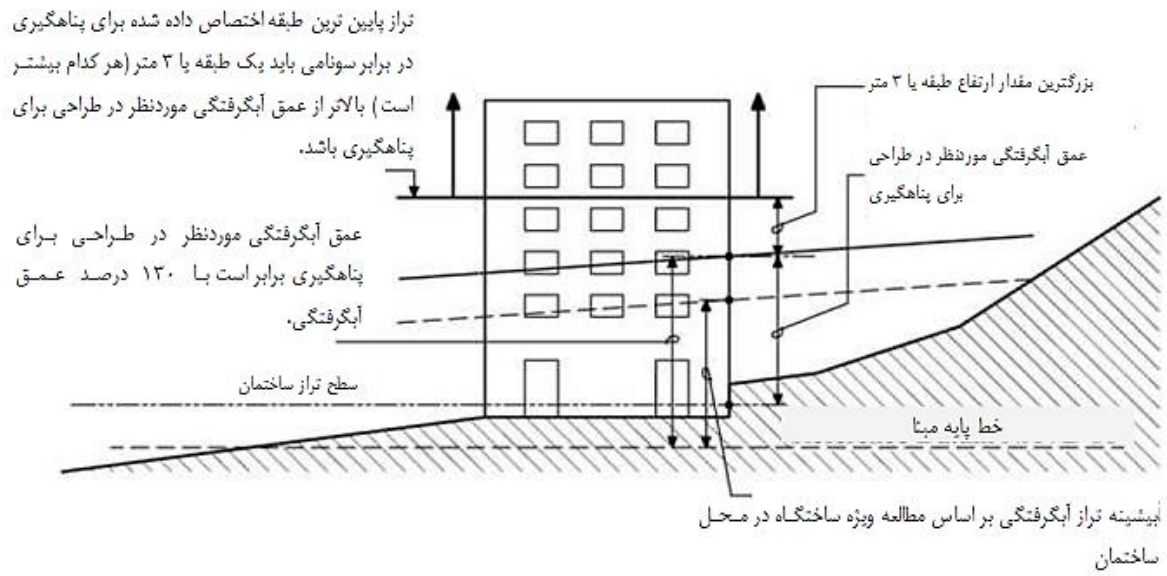
omoorepeyman.ir

۶- ۱- پناهگاه‌های تخلیه قائم

در پناهگاه‌های تخلیه قائم که با تأیید مراجع ذیصلاح به منظور حفاظت ساکنان منطقه در برابر خطر سونامی طراحی می‌شوند، برخی از طبقات واقع شده در بالاتر از یک تراز تعیین جهت پناهگیری اختصاص داده می‌شوند. در طراحی سازه‌های مذکور علاوه‌بر ملاحظات کلی سازه‌ها (براساس فصول پیشین)، باید الزامات ویژه این بند نیز در نظر قرار گرفته شود.

۶- ۱- ۱- حداقل ارتفاع و عمق آبگرفتگی

حداقل ارتفاع پایین‌ترین بخش طبقه مورد نظر به عنوان پناهگاه تخلیه قائم سونامی، باید به اندازه یک طبقه یا ۳ متر (هر کدام بیشتر باشد) از تراز معادل ۱/۳ برابر تراز آبگرفتگی حداکثر سونامی موردنظر بالاتر باشد (شکل ۶-۱). تراز آبگرفتگی حداکثر سونامی موردنظر، باید از طریق شبیه‌سازی عددی ویژه ساختگاه مطابق بند ۲-۳ حاصل گردد. ضریب ۱/۳ برابری اعمالی در تراز آبگرفتگی حداکثر سونامی موردنظر، در طراحی پناهگاه‌های تخلیه قائم مطابق فصل‌های ۳، ۴ و ۵ نیز باید لحاظ شود.



شکل ۶-۱: تراز پایین‌ترین طبقه مختص پناهگیری در برابر سونامی

omoorepeyman.ir

۶- ۱- ۲- بار زنده

در طراحی پناهگاه تخلیه قائم سونامی برای کف طبقات مختص پناهگیری باید باری برابر ۴/۸ کیلو پاسکال به عنوان بار زنده پناهگیری، L_{refuge}، در نظر گرفته شود.

۶- ۱- ۳- ضربه سقوط سازه‌های مجاور

در مواردی که مقدار عمق آبگرفتگی حداکثر از ۱/۸ متر بیشتر باشد، ضربه ناشی از سقوط تیرهای برق یا ستون‌های مجاور، بر روی بخش‌های اشغال شده پناهگاه باید لحاظ گردد.

۶- ۱- ۴- اطلاعات موجود در اسناد احداث

ضوابط طراحی در برابر سونامی و گنجایش پناهگیری در ساختمان باید در اسناد و مدارک احداث پناهگاه تخلیه قائم سونامی موجود باشد. موقعیت فضاهای پناهگیری و مسیرهای دسترسی به آن‌ها نیز باید در نقشه‌های طبقات مشخص گردد. همچنین مختصات طول و عرض جغرافیایی ساختمان باید در اسناد احداث پناهگاه ثبت شود.

۶- ۱- ۵- کنترل مضاعف

مدارک و گزارش‌های طراحی پناهگاه‌های تخلیه قائم باید توسط یک متخصص مستقل کنترل به‌صورت مضاعف مورد کنترل و بازبینی قرار گرفته و گزارش تطابق آن با ضوابط موجود، از جمله این راهنما، به کارفرما ارائه گردد.

۶- ۲- دیواره‌های مانع سونامی

دیواره‌های مانع سونامی که جهت فراهم نمودن معیارهای عملکردی سازه محافظت شده در پیرامون آن تعبیه می‌شوند، باید به گونه‌ای طراحی گردند تا خود نیز معیارهای عملکردی مورد نظر را برآورده سازند. این معیارها مقاومت دیواره مانع، پایداری، محافظت از فرسایش شیب، آبشستگی پنجه و الزامات پایداری ژئوتکنیکی و ارتفاع مانع برای محافظت کامل در زمان حداکثر سونامی موردنظر را شامل می‌گردد.

تراز فوقانی موانع سونامی که جهت حفاظت در برابر آبگرفتگی مورد استفاده قرار می گیرند، باید از ۱/۳ برابر تراز آبگرفتگی حداکثر در محل موانع بیشتر باشد؛ و در صورتی که یک مانع برای سرریز شدن یا محافظت از سازه اصلی صرفاً در برابر بخشی از سونامی طرح در نظر گرفته می‌شود، سازه محافظت شده و شالوده آن باید برای آبگرفتگی باقیمانده ناشی از سونامی طرح طراحی شود. ضمن اینکه سایر الزامات شالوده مطابق فصل ۵، نیز باید در طراحی ملاحظه گردد.

در جانمایی سازه مانع سونامی در محل باید شرایط زیر مد نظر قرار گیرد:

omoorepeyman.ir

۱- به منظور محافظت از سازه اصلی، دیواره مانع نسبت به آن فاصله و عقب‌نشینی داشته و هر گونه تغییر در امتداد دیواره با شعاع انحنایی حداقل برابر با ۵۰ درصد عمق آبگرفتگی حداکثر صورت پذیرد.

۲- برای حالت سرریز یا محافظت در برابر بخشی از آبگرفتگی، مرزهای مانع حداقل در برابر جریان آبگرفتگی از سازه محافظت نماید (با در نظر گرفتن زاویه پیشروی ۲۲/۵ درجه امتداد حرکت موج نسبت به خط عمود بر ساحل مطابق بند ۳-۷).

۶- ۳- اجزا و سیستم‌های غیرسازه‌ای با اهمیت زیاد

اجزا و سیستم‌های غیرسازه‌ای با اهمیت زیاد که در ناحیه طرح سونامی واقع هستند، باید در برابر اثرات ناشی از آبگرفتگی سونامی محافظت شده و یا در ارتفاعی بالاتر از تراز آبگرفتگی حداکثر سونامی موردنظر جانمایی شوند؛ به گونه‌ای که در زمان حداکثر سونامی موردنظر و پس از آن قادر به ادامه خدمت‌رسانی باشند. به عنوان یک روش جایگزین، می‌توان اجزا و سیستم‌های غیرسازه‌ای با اهمیت زیاد را به طور مستقیم برای مقابله با اثرات سونامی طراحی نمود؛ به‌طوری‌که آبگرفتگی سبب اخلال در انجام وظایف حیاتی آنها در حین وقوع حداکثر سونامی موردنظر نگردد.

۶- ۴- سازه‌های غیرساختمانی نوع ۳ و نوع ۴ از لحاظ ریسک سونامی

سازه‌های غیرساختمانی نوع ۳ از لحاظ ریسک سونامی که در ناحیه طرح سونامی قرار دارند، باید یا در برابر اثرات ناشی از آبگرفتگی سونامی محافظت شده و یا مطابق ضوابط فصل ۳ و سطوح عملکرد مربوطه طراحی شوند.

سیستم‌های غیرسازه‌ای با اهمیت زیاد در سازه‌های غیرساختمانی نوع ۴ از لحاظ ریسک سونامی، که در ناحیه طرح سونامی قرار دارند، می‌بایست:

۱- در برابر اثرات ناشی از آبگرفتگی سونامی محافظت شوند؛

۲- در ارتفاعی بیش از ۱/۳ برابر ارتفاع آبگرفتگی حداکثر سونامی موردنظر قرار گیرند، به طوری که سازه غیرساختمانی در زمان حداکثر سونامی موردنظر و پس از آن قادر به ادامه خدمت‌رسانی باشد؛

۳- برای مقابله با اثرات بارهای سونامی مطابق ضوابط فصل ۳ و سطوح عملکرد مربوطه طراحی شوند.

omoorepeyman.ir

فصل ۷

سونامی در سواحل ایران

omoorepeyman.ir

۷-۱- مقدمه

سونامی به امواجی از دریا با دوره تناوب زیاد اطلاق می‌گردد که در اثر جابه‌جایی‌های ناگهانی حجم عظیمی از آب اقیانوس یا دریا ایجاد می‌شوند. عوامل مختلفی چون زلزله‌ها، زمین‌لغزش‌های زیردریا، فوران‌های آتشفشانی و یا حتی برخورد اجرام آسمانی می‌توانند زمینه‌ساز این جابه‌جایی‌ها باشند؛ اما براساس آمار حوادث پیشین، زمین‌لرزه‌های مرزهای صفحات تکتونیکی زمین (نواحی فرورانش) به عنوان رایج‌ترین عامل ایجاد سونامی‌ها محسوب می‌شوند.

مشخصه ویژه امواج سونامی نسبت به سایر امواج، طول موج زیاد آن‌ها می‌باشد که در آب‌های عمیق به ده‌ها کیلومتر نیز می‌رسد. این طول موج بزرگ، باعث کاهش عمق نسبی آب (نسبت عمق به طول موج) شده و سبب می‌شود امواج سونامی، حتی در اقیانوس‌های عمیق، در گروه امواج آب کم‌عمق شمرده شوند. بنابراین با فرض تئوری موج خطی، سرعت انتشار این امواج برابر با جذر حاصل‌ضرب شتاب ثقل در عمق اقیانوس خواهد بود و در نتیجه سونامی با سرعت بالایی در اقیانوس پیشروی می‌کند.

امواج سونامی که در منطقه دور از ساحل معمولاً با ارتفاع نسبتاً کم منتشر می‌شوند، با نزدیک شدن به سمت ساحل ضمن کاهش طول موج، دچار کاهش سرعت می‌شوند (به دلیل کم شدن عمق). این امر سبب می‌شود امواج دورتر از ساحل، به دلیل داشتن عمق و سرعت بیشتر، بر روی امواج نزدیک ساحل سوار شده و ارتفاع نهایی امواج با نزدیکی به ساحل افزایش یابد که این فرآیند تحت عنوان پدیده "خزش" شناخته می‌شود. در نتیجه ارتفاع امواج سونامی در نواحی ساحلی به بالاترین مقدار خود می‌رسد که این موضوع سبب بالاروی آن‌ها در خشکی و اعمال خسارات شدید به زیر ساخت‌ها و تلفات انسانی در آن نواحی می‌گردد.

۷-۲- سونامی و سواحل ایران

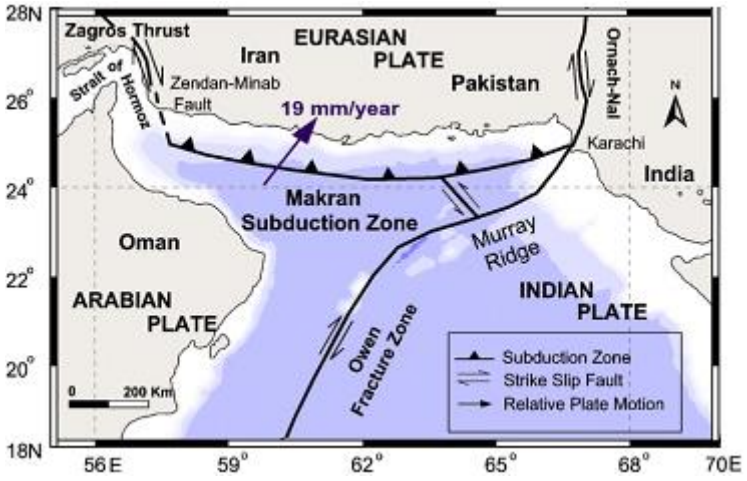
با توجه به تفاوت سرچشمه‌ها، میزان خطر و ویژگی سونامی‌های احتمالی آب‌های پیرامون کشور، وضعیت سونامی در دریای عمان، دریای خزر و خلیج فارس به‌شرح زیر قابل تفکیک می‌باشد. در این راهنما به علت کاهش حجم به مختصری از سونامی در این نواحی پرداخته شده است و خواننده گرامی جهت مطالعه بیشتر در مورد خطرات سونامی و موارد مرتبط با آن به منابع ذکر شده در بخش مراجع مراجعه نماید.

۷-۲-۱- دریای عمان

ناحیه فرورانش مکران که مشخصات لرزه‌ای آن در "پیوست ب" ارائه شده است، تنها ناحیه فرورانش مجاور سواحل ایران در مجاورت دریای عمان محسوب می‌گردد که به طول تقریبی ۹۰۰ کیلومتر از نزدیکی تنگه هرمز تا کراچی پاکستان امتداد

omoorepeyman.ir

یافته است (شکل ۷-۱). با توجه به این امر و همچنین تاریخچه سونامی‌های گزارش شده در این ناحیه (بخش ۵-۲)، سواحل دریای عمان می‌تواند به عنوان ناحیه اصلی در معرض سونامی تلقی گردد.



شکل۷-۱: موقعیت ناحیه فرورانش مکران در شمال‌غرب اقیانوس هند (Heidarzadeh و همکاران، ۲۰۰۸)

شدت سونامی‌های احتمالی ناحیه مکران، بیش از همه به بزرگی و موقعیت رخداد زلزله‌های این ناحیه بستگی دارد. با افزایش بزرگی زلزله‌های احتمالی، ارتفاع امواج سونامی ایجاد شده افزایش می‌یابد. سونامی‌های ناشی از زمین‌لرزه‌های رخ داده در بخش‌های مرکزی و غربی ناحیه مکران، در مقایسه با فعالیت نواحی شرقی، امواج به مراتب بلندتری را در سواحل ایران ایجاد می‌کنند.

با توجه به نزدیکی گسل مکران به سواحل ایران، سونامی‌های ناشی از آن طی مدت زمان اندکی پس از وقوع زمین‌لرزه به سواحل کشور می‌رسند. زمان دقیق رسیدن امواج به موقعیت رخداد زمین‌لرزه و محل موردنظر بستگی دارد. بطور تقریبی سونامی‌های ناشی از زلزله‌های بخش غربی مکران حدود ۲۵ دقیقه پس از وقوع زلزله به سواحل ایران می‌رسند. امواج ناشی از زمین‌لرزه‌های مرکزی و شرقی نیز، با توجه به فاصله بیشتر مرکز زمین‌لرزه، به ترتیب تقریباً ۴۰ تا ۵۵ دقیقه پس از رخداد زلزله ظاهر می‌شوند.

با توجه به ویژگی‌های تکتونیکی ناحیه مکران و چگونگی تغییرشکل بستر دریا پس از زمین‌لرزه، در سواحل شمالی دریای عمان پیش از دریافت امواج اصلی سونامی ابتدا حضیض موج مشاهده شده و تراز سطح آب پایین می‌رود. لذا هر چند زمان اندک میان وقوع زلزله و دریافت امواج سونامی در ناحیه مکران، فرآیند اعلام هشدار سونامی را دشوار می‌سازد، اما ساکنان محلی می‌توانند از نکته فوق به عنوان یک هشدار طبیعی استفاده کرده و با مشاهده کاهش ناگهانی تراز آب که در برخی مواقع حتی می‌تواند به عقب‌نشینی دریا نیز منجر شود، از در راه بودن امواج سونامی مطلع شوند.

لازم به ذکر است علاوه بر سونامی‌های لرزه‌ای احتمالی، وقوع سونامی‌های زمین‌لغزشی نیز در بخش فلات قاره دریای عمان امکان‌پذیر بوده و ناپایداری رسوبات ضخیم دریایی مکران به همراه زمین‌لرزه‌های آتی می‌تواند به گسیختگی زیردریایی

omoorepeyman.ir

و تولید سونامی منجر گردد.

۷-۲- ۲- خلیج فارس

با توجه به موقعیت و امتداد ناحیه فرورانش مکران، جهت انتشار امواج سونامی ناشی از آن و عرض محدود تنگه هرمز، سونامی‌های احتمالی ایجاد شده توسط گسل مکران چندان امکان نفوذ به داخل این تنگه و خلیج فارس را نخواهند داشت. در داخل خلیج فارس وجود دو گسل اصلی به نام‌های "گسل قطر – کازرون" و "گسل خلیج فارس" مورد تأیید زمین‌شناسان می‌باشد که این امر لرزه‌خیزی نسبتاً بالای بخش‌های شمالی آن را سبب شده است. گسل‌های مزبور از نوع امتدادلغز هستند و زلزله‌های ناشی از آن‌ها قادر به ایجاد تغییرشکل عمودی گسترده در بستر خلیج فارس و تشکیل موج اولیه سونامی نیستند. حتی با فرض شکل‌گیری موج اولیه سونامی در خلیج فارس، با توجه به عمق اندک این پهنه آبی (که در عمیق‌ترین نواحی به حدود ۶۰ متر می‌رسد) و اثرات افزایشی ناچیز پدیده خزش، دریافت امواج مرتفع در کنار ساحل مورد انتظار نیست.

تاریخچه سونامی‌های مشاهده شده در خلیج فارس با فرضیه اندک بودن احتمال وقوع سونامی‌های قابل توجه در این ناحیه همخوانی دارد. تنها حادثه گزارش شده منطقه به رخداد سال ۱۰۰۸ میلادی در بندر سیراف بر می‌گردد که پس از رخداد یک زمین‌لرزه، پیدایش امواج و غرق شدن تعدادی از کشتی‌ها گزارش شده است. با این وجود براساس برخی مراجع موجود، غرق شدن کشتی‌ها نمی‌تواند با امواج ایجاد شده در اثر زلزله مذکور مرتبط باشد.

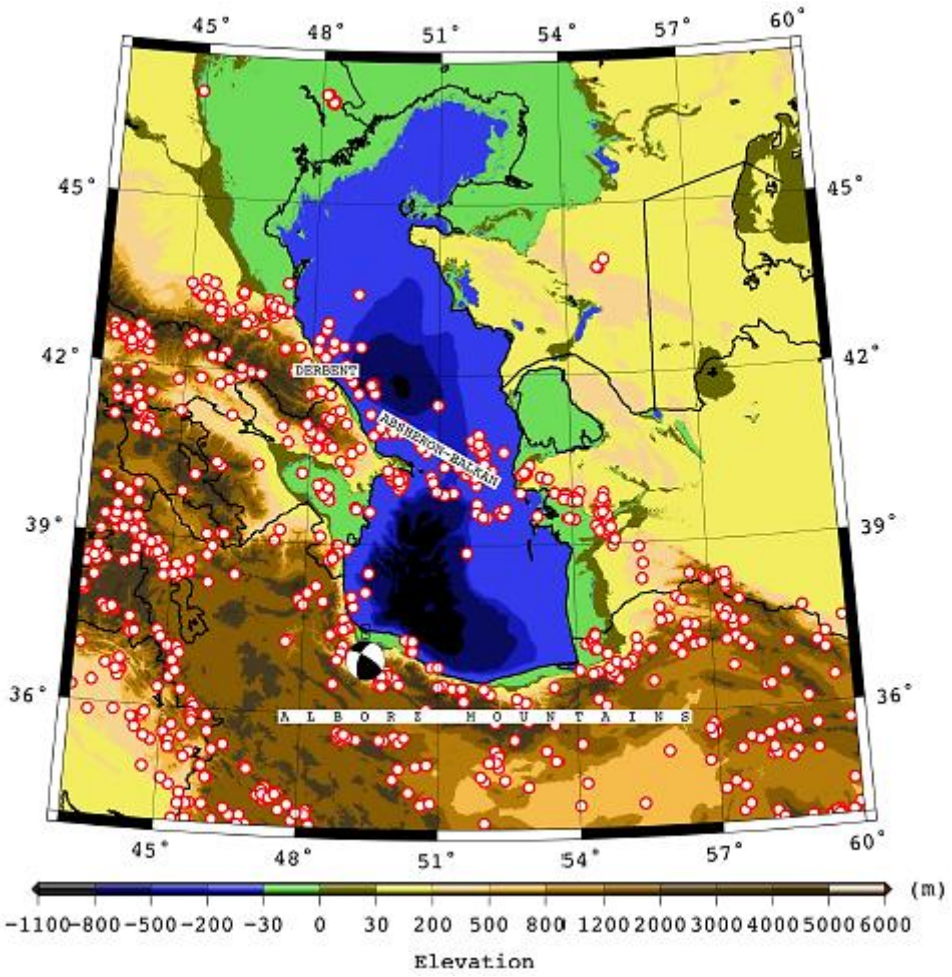
۷-۲- ۳- دریای خزر

با وجود نبود ناحیه فرورانش در دریای خزر، در محدوده این پهنه آبی و به ویژه در بخش‌های مرکزی آن، چندین ناحیه فعال لرزه‌ای قرار گرفته است (کمربند آپشرون-بالکان در مرز شمالی حوضه خزر جنوبی و دامنه‌های حاشیه غربی مانند حوضه دربند). ضمن اینکه برخی سیستم‌های گسلی شمال فلات ایران (گسل‌های "خزر"، "جنوب خزر" و "شمال البرز") به سواحل جنوبی آن گسترش یافته است. بررسی پیشینه تاریخی دریای خزر نشان می‌دهد که به دلیل وقوع زلزله‌هایی در بخش‌های میانی دریای خزر، سونامی‌هایی در ابعاد کوچک یا به عبارت صحیح‌تر وقایع شبه‌سونامی در این نواحی مشاهده شده‌اند، اما وقایع مذکور چندان قابل توجه نبوده و حداکثر نوساناتی در حدود ۱ تا ۲ متر را در سطح آب ایجاد نموده است. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که حتی در صورت وقوع زلزله در دریای خزر، به دلیل نبود ناحیه فرورانش، پیدایش سونامی لرزه‌ای قابل توجه چندان متصور نمی‌باشد.

وقوع سونامی‌های ناشی از زمین‌لغزش‌های زیردریا در این آب‌ها نمی‌تواند غیرممکن تلقی گردد. هر چند اغلب شیب‌های زیردریا به‌طور ذاتی پایدار هستند، اما عواملی نظیر تکان‌های ناشی از زمین‌لرزه، وجود لایه‌های سست در میان طبقات لایه‌های بستر و افزایش فشار آب ناشی از رسوب‌گذاری‌های سریع، می‌تواند سبب بروز ناپایداری در شیب‌ها و وقوع لغزش گردد (به ویژه در مناطق مشرف به مصب رودها که بار رسوبی بیشتری را دریافت می‌نمایند). بنابراین با توجه به وجود نواحی

omoorepeyman.ir

فعال لرزه‌ای در دریای خزر و همچنین خلیج فارس (به عنوان عامل محرک زمین‌لغزش)، احتمال رخداد زمین‌لغزش‌های زیردریا و شکل‌گیری امواج سونامی در این نواحی (به ویژه در مجاورت مصب رودخانه‌ها) منتفی نیست و نیاز به تحقیقات بیشتر دارد. با توجه به شیب زیاد بستر دریا در بخش جنوبی دریای خزر و در مجاورت سواحل ایران، وقوع زمین‌لغزش در این ناحیه محتمل‌تر خواهد بود.



شکل ۷-۲: لرزه‌خیزی دریای خزر و نواحی شمالی ایران حد فاصل سال‌های ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۴ (Salaree و Okal، ۲۰۱۵)

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

مراجع

omoorepeyman.ir

۱) آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰). ویرایش چهارم، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

۲) دستورالعمل طراحی سازه‌های ساحلی بخش دوم- شرایط طراحی، نشریه ۶۳۱، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

۳) راهنمای طراحی موج‌شکن‌های توده سنگی و مرکب در برابر سونامی: ضابطه شماره ۷۵۲. ۱۳۹۹، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

۴) مطالعات پایش و مطالعات شبیه سازی سواحل مکران - گزارش بخش شبیه‌سازی سونامی. ۱۳۹۶، سازمان بنادر و دریانوردی

۵) مطالعات برداشت مشخصات لرزه ای گسل مکران- تحلیل داده های بخش خشکی. محمد مختاری، محمد تاتار، ترونـد ری برگ، حمید زعفرانی، حسن علی بابایی، لیلا مهشادنیا، مهدی مسعودی، کریستین هابرلند، ۱۳۹۸، گزارش فنی سازمان برنامه و بودجه کشور

6) ASCE/SEI 7-16 (2016) Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures. American Society of Civil Engineers

7) Ambraseys NN, Melville CP (1982) A history of Persian earthquakes. Cambridge University Press, Britain

8) Anabasis A (1983), Arrian of Nicomedia, Books V–VII; Indica, ed. and transl. by P.A. Brunt, Harvard Univ. Press, Cambridge, Mass., 589 p.

9) Byrne DE, Sykes LR, Davis DM (1992) Great thrust earthquakes and aseismic slip along the plate boundary of the Makran subduction zone. J Geophys Res 97:449-478

10) Cloos M, Shreve RL (1996) Shear-zone thickness and the seismicity of Chilean- and Marianas-type subduction zones. Geology 24: 107–110.

11) El‐Hussain, I, R. Omira, Z. Al‐Habsi, M. A. Baptista, A. Deif and A. M. E. Mohamed (2018), Probabilistic and deterministic estimates of near‐field tsunami hazards in northeast Oman, Geosci. Lett. (2018) 5:30 https://doi.org/10.1186/s40562-018-0129-4

12) Grando G, McClay K (2007) Morphotectonics domains and structural styles in the Makran accretionary prism, offshore Iran. Sedimentary geology 196(1-4): 157-179.

13) Gutscher MA., Westbrook GK (2009) Great earthquakes in slow-subduction, low-taper margins. In Subduction Zone Geodynamics. Lallemand S, Funiciello F Eds., Springer: Berlin/Heidelberg, Germany: 119–133.

14) Haberland C, Mokhtari M, Babaei HA, Ryberg T, Masoodi M, Partabian A, Lauterjung J (2021) Anatomy of a crustal-scale accretionary complex: Insights from deep seismic sounding of the onshore western Makran subduction zone, Iran. Geology 49(1): 3-7.

15) Heidarzadeh M, Pirooz MD, Zaker NH, Yalciner AC, Mokhtari M, Esmaeily A (2008) Historical tsunami in the Makran subduction zone off the southern coasts of Iran and Pakistan and results of numerical modeling. Ocean Eng 35(8&9):774-786

16) Heidarzadeh M, Satake K (2017) A Combined Earthquake–Landslide Source Model for the Tsunami from the 27 November 1945 Mw 8.1 Makran Earthquake. Bull Seismol Soc Am 107(2):1033–1040

omoorepeyman.ir

17) Kukowski N, Schillhorn T Huhn K, von Rad U, Husen S, Flueh ER (2001) Morphotectonics and mechanics of the central Makran accretionary wedge off Pakistan. Mar Geol 173: 1–19.

18) Ide S (20130 The proportionality between relative plate velocity and seismicity in subduction zones. Nat Geosci 6: 780–784.

19) Koppa C, Fruehn J, Flueh ER, Reichert C, Kukowski N, Bialas J et al (2000) Structure of the Makran subduction zone from wide-angle and reflection seismic data. Tectonophysics 329:171–191. doi:10.1016/S0040-1951(00)00195-5

20) Maggi A, Jackson JA, Priestley K, Baker C (2000) A re- assessment of focal depth distributions in southern Iran, the Tien Shan and northern India: Do earthquakes really occur in the continental mantle?. Geophysical Journal International, 143(3), pp.629-661.

21) Mansinha L, Smylie DE (1971) The Displacements Fields of Inclined Faults. Bull Seismol Soc Am (61): 1433-1440.

22) Maselli V, Oppo D, Moore AL, Gusman AR, Mtelela C, Iacopini D, Taviani M, Mjema E, Mulaya E, Che M, et al. (2020) A 1000-yr-old tsunami in the Indian Ocean points to greater risk for East Africa. Geology 48: 808–813.

23) Masoodi M, Mokhtari M (2020) Mud Volcano Hazards, western Makran subduction zone. 11th GSF 2020, Doha-Qatar.

24) McCaffrey R (2008). Global frequency of magnitude 9 earthquakes. Geology 36: 263–266.

25) Mokhtari M, Abdullahi Fard I., Hessami K (2008) Structural elements of the Makran region, Oman sea and their potential relevance to tsunamigenisis. Natural hazards 47(2):185-199.

26) Mokhtari M (2015) The role of splay faulting in increasing the devastation effect of tsunami hazard in Makran, Oman Sea. Arabian J of Geosci 8(7): 4291-4298.

27) Payam Momeni, Katsuichiro Goda, Mohammad Mokhtari, and Mohammad Heidarzadeh (2022), A new tsunami hazard assessment for eastern Makran subduction zone by considering splay faults and applying stochastic modeling. COASTAL ENGINEERING JOURNAL, https://doi.org/10.1080/21664250.2022.2117585

28) Neetu S, Suresh I, Shankar R, Nagarajan B, Sharma R, Shenoi SSC, Unnikrishnan AS, Sundar D (2011) Trapped waves of the 27 November 1945 Makran tsunami: observations and numerical modeling. Nat Hazards 59(3):1609-1618

29) Okada Y (1985) Surface deformation due to shear and tensile faults in a half-space. Bull Seismol Soc Am 75(4):1135–1154

30) Okal EA, Synolakis CE (2008) Far-field tsunami hazard from mega-thrust earthquakes in the Indian Ocean. Geophys J Int 172: 995–1015.

31) Okal EA, Fritz HM, Hamzeh MA, Ghasemzadeh J (2015) Field Survey of the 1945 Makran and 2004 Indian Ocean Tsunamis in Baluchistan, Iran. Pure Appl Geophys 172: 3343–3356.

32) Oldham, RD (1893) A manual of the geology of India: stratigraphical and structural geology, Off Superint Gov Printer Calcutta 543.

33) Pajang S, Cubas N, Letouzey J, Le Pourhiet L, Seyedali S, Fournier M, Agard P, Khatib MM, Heyhat M, Mokhtari M (2021) Seismic hazard of the western Makran subduction zone: insight from mechanical modeling and inferred frictional properties. Earth and Planetary Science Letters 562: 116789.

34) Pendse CG (1946). The Makran earthquake of the 28th of November 1945. India Meteorol Dep Sci Notes 10: 141–145.

35) Polet J, Kanamori H (2000) Shallow Subduction Zone Earthquakes and Their Tsunamigenic Potential.

omoorepeyman.ir

Geophys J Int, 142: 684-70

36) Rajendran CP, Ramanamurthy MV, Reddy NT, Rajendran K (2008) Hazard implications of the late arrival of the 1945 Makran tsunami. Curr Sci 95:1739–1743

37) Rajendran CP, Rajendran K, Andrade V, Srinivasalu S (2013) Ages and relative sizes of pre-2004 tsunamis in the Bay of Bengal inferred from geologic evidence in the Andaman and Nicobar Islands. J Geophys Res, Solid Earth 118: 1345–1362.

38) Rashidi A, Dutykh D, Shomali ZH, Keshavarz Farajkhah N, Nouri M (2020) A review of tsunami hazards in the Makran subduction zone. Geosciences 10(9): 372.

39) Rastgoftar E. Soltanpour M (2016) Study and numerical modeling of 1945 Makran tsunami due to a probable submarine landslide. Natural Hazards 83(2): 929-945.

40) Salaree A, Okal EA (2015) Field survey and modeling of the Caspian Sea tsunami of 1990 June 20. Geophys J Int. 201: 621–639.

41) Schluter HU, Prexl A, Gaedicke C, Roeser H, Reichert C, Meyer H, von Daniels C (2002) The Makran accretionary wedge: sediment thicknesses and ages and the origin of mud volcanoes. Mar Geol 185:219–232. doi:10.1016/S0025-3227(02)00192-5

42) Schneider B, Hoffmann G, Falkenroth M, Grade J (2019). Tsunami and storm sediments in Oman: Characterizing extreme wave deposits using terrestrial laser scanning. J Coast Conserv 23: 801–815.

43) Skempton AW (1953) Soil Mechanics relation to geology. Proc Yorks Geol Soc 29: 33–62.

44) Smith GL, McNeill LC, Wang K, He J, Henstock TJ (2013) Thermal structure and megathrust seismogenic potential of the Makran subduction zone. Geophys Res Lett. doi:10.1002/grl.50374

45) Smith GL, McNeill LC, Henstock IJ, Bull J (2012) The structure and fault activity of the Makran accretionary prism. J Geophys Res, Solid Earth, 117.

46) Soltanpour M (2015) A study on the probability of tsunami attacks in the Persian Gulf and Gulf of Oman. In: Esteban M, Takagi H, Shibayama T (eds) Handbook of Coastal Disaster Mitigation for Engineers and Planners. Elsevier Inc, Massachusetts

47) Vernant P, Nilforoushan F, Hatzfeld D, Abbassi MR, Vigny C, Masson F, Nankali, H Martinod, J Ashtiani, A Bayer, R F Tavakoli, J. Chéry (2004) Present-day crustal deformation and plate kinematics in the Middle East constrained by GPS measurements in Iran and northern Oman. Geophys J Int (157): 381–398.

48) Walton HI (1865) Correspondence, Trans Bombay Geogr Soc 17: ccxxv–ccxxvi.

49) Wells DL, Coppersmith KJ (1994) New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture aea, and surface displacement. Bull Seismol Soc Am, 84(4):974–1002

50) Zarifi Z (2006) Unusual Subduction Zones: Case Studies in Colombia and Iran. Ph.D. Thesis, University of Bergen, Bergen, Norway.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

Islamic Republic of Iran
Plan and Budget Organization

Structural Design Effects and loading Guide Against Tsunami

Code 859

Deputy of Technical and Infrastructure Development Affairs

Department of Technical and Executive Affairs, Consultants and Contractors

www.nezamfanni.ir

Ports & Maritime Organization

Department of Technical and Infrastructure Development Affairs

www.pmo.ir

2022

omoorepeyman.ir